

**REPÚBLICA DE NICARAGUA
EMPRESA NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS
Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS (ENACAL)**

**ESTUDIO PREPARATORIO DEL
PROYECTO PARA MEJORAMIENTO
DEL SUMINISTRO DE AGUA
EN LA CIUDAD DE MANAGUA**

INFORME FINAL

FRBRERO 2022

**AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL
DE JAPÓN (JICA)**

**CTI ENGINEERING INTERNATIONAL CO., LTD.
NIHON SUIDO CONSULTANTS CO., LTD.
EARTH SYSTEM SCIENCE CO., LTD.**

GE
JR
22-040

**REPÚBLICA DE NICARAGUA
EMPRESA NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS
Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS (ENACAL)**

**ESTUDIO PREPARATORIO DEL
PROYECTO PARA MEJORAMIENTO
DEL SUMINISTRO DE AGUA
EN LA CIUDAD DE MANAGUA**

INFORME FINAL

FRBRERO 2022

**AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL
DE JAPÓN (JICA)**

**CTI ENGINEERING INTERNATIONAL CO., LTD.
NIHON SUIDO CONSULTANTS CO., LTD.
EARTH SYSTEM SCIENCE CO., LTD.**

Tasa de conversión de moneda (a junio de 2021)
1.00 USD = 109.97 yenes = 35.02 C\$
1.00 C\$ = 3.14 yenes = 0.0286 USD

PREFACIO

La Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) decidió conducir el estudio preparatorio del Proyecto para Mejoramiento del Suministro de Agua en la Ciudad de Managua, encomendando la labor a CTI Engineering International Co., Ltd., Nihon Suido Consultants Co., Ltd. y Earth System Science Co., Ltd..

El equipo de estudio llevó a cabo una serie de discusiones con los oficiales involucrados en el Gobierno de la República de Nicaragua y condujeron investigaciones de campo. Como resultado de estudios futuros en Japón, se finalizó el presente reporte.

Espero que este reporte contribuya a la promoción del proyecto y al mejoramiento de la amistad entre nuestros dos países.

Finalmente, deseo expresar mi más sincera apreciación a los oficiales involucrados en el Gobierno de la República de Nicaragua por su cercana cooperación brindada al equipo de estudio.

Febrero, 2022

Eiji IWASAKI
Director General
Departamento de Medio Ambiente Global
Agencia De Cooperación Internacional de
Japón

RESUMEN

1. Perspectiva General de la República de Nicaragua

Nicaragua tiene una población de alrededor de 6,62 millones (Banco Mundial, 2020) y una superficie terrestre de unos 130.000 km². Además, el PIB real de Nicaragua es de \$ 12,62 mil millones (Banco Mundial 2020), el INB per cápita es de \$ 1,850 (Banco Mundial, 2020) y la tasa de crecimiento económico real (PIB) es menos 2.0%. Esto se atribuye no solo al impacto de la propagación de la nueva infección por coronavirus, sino también al deterioro de la situación social debido a los disturbios en torno al sistema de seguridad social de Nicaragua ocurrido en 2018, la tasa de crecimiento económico real (PIB) ha sido negativa desde 2018. La tasa de inflación y la tasa de desempleo son -2.9% y 5.0% (Banco Central de Nicaragua, 2020), respectivamente, y la estabilidad de precios y la reducción de la pobreza también son problemas. En particular, el sector de agua y alcantarillado se posiciona como un importante campo de desarrollo que contribuye a la reducción de la pobreza junto con la educación y la salud.

La ciudad de Managua, donde se encuentra el área de estudio de este proyecto, es la capital de Nicaragua, ubicada en la orilla sur del lago de Managua, y tiene una población de alrededor de 1,5 millones (Ciudad de Managua, 2016). Con el aumento de la población, la rápida urbanización, el deterioro ambiental debido a la expansión de las áreas residenciales y el desarrollo de la infraestructura se han convertido en problemas.

2. Antecedentes, Circunstancias y Bases del Proyecto Requerido

La demanda de agua está incrementando rápidamente en la ciudad capital Managua, debido a su crecimiento poblacional a un ritmo anual del 4 %. Sin embargo, en la actualidad solo el 50 % de la población se beneficia del servicio de agua potable las 24 horas del día, y un 14 % de los usuarios tienen acceso a agua potable menos de ocho horas al día, siendo un desafío importante asegurar el suministro estable de agua para asegurar la salud pública, incluyendo las medidas de control de infecciones. Además de la falta de fuentes de agua y la capacidad de los reservorios, la obsolescencia de las instalaciones y la falta de capacidad de gestión de la presión de agua constituyen causas de esta situación. Asimismo, además de las fugas de agua, el alto costo de energía eléctrica necesaria para elevar el agua subterránea que constituyen las principales fuentes de agua potable de la Ciudad de Managua, está presionando la situación financiera de Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ENACAL) que es la empresa operadora de los servicios de agua y saneamiento del área metropolitana, quien se ve en dificultades para asegurar los recursos necesarios para mejorar los servicios de agua potable.

Dentro de este contexto, el Gobierno de Nicaragua en su Plan Nacional de Desarrollo Humano (PNDH) 2018-2021, ha seleccionado como desafíos prioritarios la expansión de la cobertura de los servicios de agua y saneamiento, mejora de la calidad de agua, y el mantenimiento de las infraestructuras existentes, proponiendo solucionar la situación antes mencionada. Asimismo, ENACAL en su Plan Estratégico de Desarrollo Institucional (PEDI) 2020-2025 propuso como metas reducir el ANF, reducir los costos de operación (energía eléctrica), y lograr la estabilidad financiera institucional a largo plazo, y de esta manera prestar los servicios de agua y saneamiento de manera equitativa a toda la población, incluyendo el estrato socialmente vulnerable.

Hasta la fecha, la JICA ha implementado el Estudio de Desarrollo para el Abastecimiento de Agua Potable a Mediano y Largo Plazo de la Ciudad de Managua en 2005, elaborando un plan maestro basado en cuatro políticas, a saber "reconstrucción y renovación de los pozos y conservación de la calidad de agua", "reducción de agua no facturada", "mejoramiento de la eficiencia del sistema de

transmisión y distribución de agua" y "fortalecimiento de la infraestructura gerencial". Posteriormente, se está ejecutando la Cooperación Técnica tipo Proyecto titulado "Proyecto de fortalecimiento de la capacidad de gestión de agua no facturada en la ciudad de Managua – 2020", (en lo sucesivo referido como "Cooperación Técnica tipo Proyecto ANF"), a través del cual está extendiendo ayuda al fortalecimiento de las capacidades de planificación de ENACAL necesarias para reducir el ANF, fortalecimiento de las capacidades de reducción de fugas, y elaboración del plan de adquisición de los equipos y materiales. A través de estas acciones, se elaboraron un plan de largo plazo y un plan de acción para reducir la tasa de ANF del 50 % actual a un 25 % para el año 2035. Actualmente, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Agencia de Cooperación Internacional Alemana (GIZ) están brindando apoyo financiero y apoyo al fortalecimiento de las capacidades institucionales basándose en dicho plan de acción.

El presente Proyecto propone mejorar la eficiencia de transmisión y distribución de agua y reducción de costos de operación y mantenimiento, mediante el suministro de los equipos y materiales necesarios para la reducción de fugas y el logro de la eficiencia energética, y construir los reservorios, y de esta manera contribuir a la estabilización de los servicios de agua potable y a la mejora del entorno de vida y sanidad de la población.

3. Estudio Preliminar y Esencia del Proyecto

JICA envió un equipo de estudio preparatorio al sitio del 10 al 21 de mayo de 2021 y, a través de conversaciones con funcionarios gubernamentales del país socio y estudios del sitio, confirmó la situación actual del sector/región, los antecedentes, el propósito, el contenido del proyecto y el sistema de ejecución. Además, se examinó el plan general del proyecto y el posicionamiento de este proyecto a través del esquema de cooperación financiera no reembolsable, y se recopilaron la información y los materiales necesarios para el diseño general del proyecto de cooperación financiera no reembolsable. Después de regresar a Japón, a través de un trabajo de análisis, se planificó el contenido y la escala del proyecto cooperativo, y se verificó el efecto y la validez.

Además, con el fin de explicar el diseño Conceptual, el Equipo de Encuesta Preparatoria realizó una reunión en línea el 16 de noviembre de 2021 y obtuvo el acuerdo del lado del país de Nicaragua sobre los contenidos del diseño Conceptual.

A continuación, se muestra el contenido de la solicitud solicitada inicialmente y el contenido del proyecto acordado luego de realizada la encuesta.

Equipos solicitados por ENACAL		Equipos de proyecto	
Variadores	30~50 lugares	Variadores	28 lugares
Reservorios	2 lugares	Reservorio	1 lugar
Bombas de transmisión de agua	8 unidades	Bombas de transmisión de agua	7 unidades
Válvulas de mariposa	10 lugares	Válvula de control de caudal	1 lugar
Válvulas reductoras de presión	8 lugares		
Equipos de reparación de fugas	1 lugar	Equipos de reparación de fugas	3 unidades
Equipos para Taller de electromecánica	1 lugar	Equipos para Taller de electromecánica	1 lugar
		Equipos para contribuir a las actividades de reducción de ANF	1 juego

(1) Política de selección de equipos

Variadores:

De las 182 estaciones de bombeo de los pozos gestionadas por ENACAL, se seleccionaron las estaciones que distribuyen el agua directamente a la red de distribución, para tomar los datos de la capacidad de las bombas de elevación (Hp), caudal de toma (m³/h) y el número de beneficiarios (habitantes). Luego, se evaluaron estos resultados mediante puntuación del 1 al 10 para determinar el orden de prioridad. De esta manera, se seleccionaron los 28 pozos más prioritarios. Considerando que se contempla continuar utilizando las bombas de elevación existentes en los pozos, se propone seleccionar los variadores tomando en cuenta la coherencia entre la potencia de los variadores y la capacidad de los motores de las bombas. Con el fin de evitar el malfuncionamiento y fallas mecánicas debido a la subida de temperatura de los variadores, se tomarán las medidas necesarias, como por ejemplo, la ventilación del panel de arranque de la bomba, instalación de ventiladores, etc. Se instalará el panel de arranque de la bomba en la nueva sala de operación.

Reservorio:

Se contempla adoptar el reservorio de acero inoxidable por sus ventajas en términos de trabajabilidad, facilidad de operación y mantenimiento, resistencia, sismo resistencia, impermeabilidad, etc. Se decidió construir el reservorio de agua prefabricado solo en un lugar: para el macrosector Asososca Alta (4,600 m³)

Bombas de transmisión de agua:

Como resultado de evaluar el estado de funcionamiento, los años de instalación y la cantidad de conexiones de suministro de agua (uso de agua) en el área de jurisdicción, Se seleccionaron un total de 7 bombas. Para maximizar el efecto del proyecto, se actualizarán no solo la bomba de transmisión de agua, sino también la tubería, el adaptador de brida, la tubería flexible, el motor, las válvulas y el panel de arranque.

Equipos de reparación de fugas:

Se propone suministrar los equipos asumiendo que el puente acueducto existente no será renovado, sino que solo se repararán las fugas. Estos equipos deberán garantizar la seguridad de las estructuras reticulares existentes. Por ser la tubería principal de transmisión de agua, se debe seleccionar los productos que permitan ejecutar sin cortar el servicio de agua.

Equipos para Taller de electromecánica:

El plan de equipamiento incluirá solamente los productos necesarios por la cantidad necesaria centralizándose en las funciones requeridas para los trabajos actuales y a modo de compactar el plan. Dado que el espacio disponible es limitado, se procurará ordenar el flujo de circulación no solo clasificando y ordenando los productos y su cantidad, sino también modificando la disposición de los equipos, a fin de mejorar la eficiencia de trabajo. En cuanto al contenido del plan de equipamiento, se definirán los productos necesarios por la cantidad necesaria, tomando en cuenta el contenido de las actividades de las instalaciones similares, así como el nivel técnico del personal de maneja y opera el taller.

Equipos para contribuir a las actividades de reducción de ANF:

La política básica fue seleccionar los equipos necesarios para la reducción del ANF impulsada por el Departamento de ANF Física de ENACAL, los equipos cuyo método de

operación es muy conocido y los equipos necesarios replicar a nivel nacional las actividades de reducción de ANF del Departamento de ANF Física de ENACAL.

(2) Política de suministro de equipos

Para la selección de los equipos por suministrar, la política básica consiste en suministrar los equipos que puedan ser operados y mantenidos por el personal existente, sin necesidad de modificar el actual sistema de operación y mantenimiento, tomando en cuenta la necesidad de comprar los consumibles, la disponibilidad de los repuestos, la respuesta de reparación de las fallas mecánicas, etc. En cuanto a la instalación de algunos equipos como, por ejemplo, las bombas de transmisión de agua, variadores, equipos de reparación de fugas, taller de electromecánica, etc. se propone enviar el personal ingeniero japonés del fabricante.

(3) Política básica sobre los componentes no estructurales

El uso efectivo de los equipos suministrados por el presente Proyecto y la ejecución adecuada de la gestión de la distribución de agua contribuirán a mejorar los servicios de suministro de agua de ENACAL que es el objetivo del presente Proyecto. Para ello, es necesario no solo suministrar los equipos, sino también elaborar el plan de distribución adecuada de agua incorporando mejoras al sistema de planificación actual. Al analizar la necesidad de incluir los componentes no estructurales para algunos de los siete grupos de equipos por ser suministrados en el presente Proyecto, se decidió incluir como componente no estructural la asistencia al fortalecimiento de las capacidades de gestión de distribución de agua en los pozos con variadores, así como la asistencia al fortalecimiento de las capacidades de operación y mantenimiento de las estaciones de bombeo de transmisión.

Componentes no estructurales	Equipos de proyecto
Fortalecimiento de las capacidades de variadores para la gestión de distribución de agua	Se realiza un monitoreo periódico en el pozo con variador, y se lleva a cabo una adecuada gestión de la distribución de agua
Fortalecimiento de las capacidades de operación y mantenimiento de las bombas de transmisión	Comprender el método adecuado de operación y mantenimiento de las bombas de transmisión

4. Tiempo de Finalización del Proyecto y Costo Estimado del Proyecto

El período de implementación de este proyecto es de 6,5 meses para el diseño de implementación, incluido el trabajo de asistencia a la licitación, 15,0 meses para la adquisición de equipos, incluido el trabajo de instalación e implementación de componentes blandos, para un total de 21,5 meses.

El costo asumido por Nicaragua es de 27.22 millones yenes. Los elementos son 1) Comisiones bancarias, 2) Desmontaje y disposición de los equipos existentes, 3) Gastos de agua y electricidad para ensayo de llenado, etc., 4) Movimiento de tierra en los sitios de los reservorios, 5) Estantes en el taller de electromecánica, 6) Reparación y pintura del camino de acceso del puente acueducto, 7) Aseguramiento y preparación de la tierra para la sala de operación del variador.

5. Evaluación del Proyecto

5.1 Pertinencia

- El presente Proyecto, como un proyecto de rehabilitación del servicio de agua potable beneficia directa e indirectamente a toda la población de la ciudad de Managua (aprox. 1.07 millones de habitantes) incluyendo el estrato pobre.
- El presente Proyecto manifestará un impacto inmediato a los desafíos de reducir el ANF en la ciudad de Managua donde la tasa de ANF actual supera el 50%, a la par de reducir el alto costo de consumo de energía eléctrica que actualmente está presionando la situación financiera de ENACAL, por lo que contribuye a mejorar el servicio de agua potable.
- ENACAL, en su Plan Estratégico de Desarrollo Institucional (PEDI) propone como la meta estratégica reducir el ANF en el sistema de acueducto de la ciudad de Managua y de otras regiones, y reducir el consumo de energía eléctrica, por lo que el presente proyecto responde a dicho plan.
- El Rolling Plan (abril de 2020) de la política de asistencia japonesa para Nicaragua, establece asistir al fomento del desarrollo socioeconómico, medio ambiente y prevención de riesgos de desastres, y establece como una de las áreas prioritarias la asistencia a la construcción de las infraestructuras que promuevan el desarrollo económico. Asimismo, establece como política contribuir al cumplimiento de ODS mediante el desarrollo de las infraestructuras urbanas. En este sentido el presente proyecto responde a las políticas de asistencia del Gobierno del Japón.

5.2 Efectividad

(1) Efecto Cuantitativo

No.	Indicadores	Valores referenciales [resultados 2020]	Valores meta (2027) [3 años después de la finalización del proyecto]
1	Cantidad de reducción de ANF por este proyecto en Managua (mil m ³)	0	5,992 ¹
2	Consumo de energía eléctrica por unidad de agua producción (kWh/m ³)	0.80 ²	0.77 ³
3	Tiempo medio de suministro de agua en el sistema del nuevo reservorio (horas/día)	9.0	17.0

¹ Dado que es difícil calcular la cantidad de este proyecto solo, se calculará comparando la cantidad de ANF en la ciudad de Managua en 2017 y 2027, cuando la PROGESTION comenzaron a recopilar datos precisos. Sin embargo, el monto de reducción estimado de 2017 a 2027 por la operación propia de ENACAL (4,904 mil m³) (calculado con base en el monto de reducción anual de 490,000 m³ con base en el monto de reducción real de 2017 a 2020) también se considerará por separado.

El valor objetivo de 5.992 mil m³ de reducción de ANF por año es aproximadamente igual a la cantidad de agua utilizada por unas 57,214 personas por día.

(Reducción de ANF por este proyecto 5,992,370m³) / 365 días / (200 L/persona/día) * (1-Tasa de fugas 30,3%) = 57.214 personas

² Consumo de energía 164,958,598kWh / Volumen de agua de producción 204,921,300m³

³ Consumo de energía 156,853,132kWh / Volumen de agua de producción 204,921,300m³. Dado que la cantidad de reducción del consumo de energía en comparación con el consumo de energía del año base es de 8.105.466 kWh, considerando el cargo de energía de 2,93 córdobas (C\$)/kWh, 1C\$ = 3,14 yenes, se espera que la tasa anual la reducción de costos será de aproximadamente 74,572 mil yenes.

(2) Efecto Cualitativo

Se mejorarán y estabilizarán los servicios de abastecimiento de agua y se mejorará el ambiente sanitario de Managua.

Tabla de Contenido

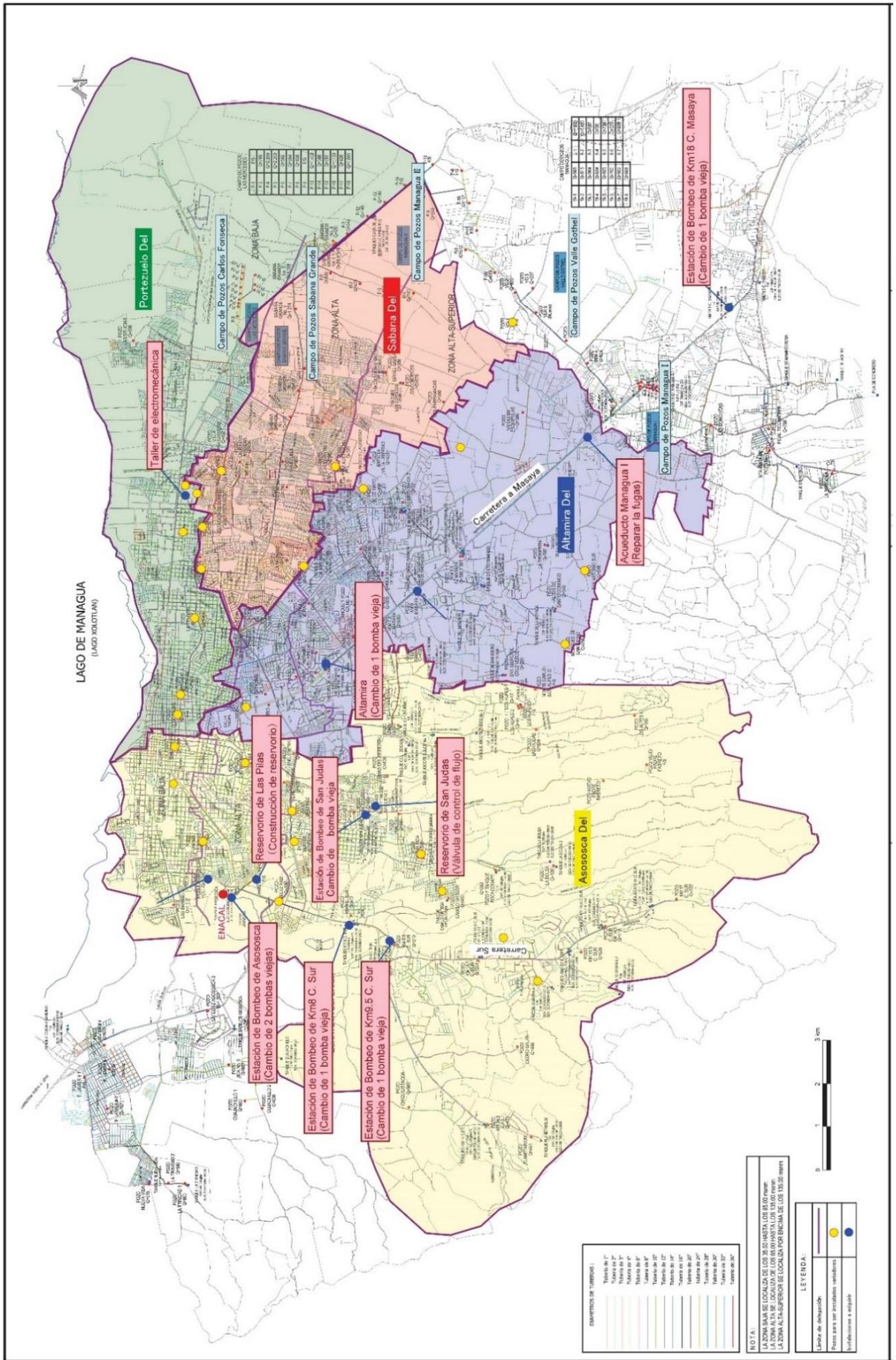
Prefacio	
Resumen	
Tabla de Contenido	
Mapa de Ubicación	
Lista de Figuras, Tablas y Fotos	
Listado de Abreviaturas	
CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO	1-1
1.1 Antecedentes del Proyecto	1-1
1.2 Condiciones Naturales	1-3
1.3 Condiciones Socioeconómicas	1-11
CAPÍTULO 2 CONTENIDOS DEL PROYECTO	2-1
2.1 Descripción del Proyecto	2-1
2.2 Diseño Preliminar de la Asistencia Japonesa	2-1
2.2.1 Política de Diseño	2-1
2.2.2 Plan Básico	2-14
2.2.2.1 Instalación de Variadores a las Bombas de los Pozos	2-14
2.2.2.2 Construcción del Reservorio	2-23
2.2.2.3 Renovación de la bomba de transmisión	2-27
2.2.2.4 Válvula de control de caudal	2-35
2.2.2.5 Equipos de reparación de fugas	2-36
2.2.2.6 Taller de electromecánica	2-37
2.2.2.7 Equipos que contribuyen a la reducción de ANF	2-45
2.2.3 Dibujos de Diseño Preliminar	2-47
2.2.4 Plan de Suministro / Plan de Instalación	2-47
2.2.4.1 Política de suministro / instalación	2-47
2.2.4.2 Consideraciones a tomarse en cuenta para el suministro e instalación de los equipos	2-49
2.2.4.3 División de responsabilidades de suministro / instalación de los equipos	2-49
2.2.4.4 Planes de supervisión de adquisiciones / instalación	2-50
2.2.4.5 Plan de gestión de calidad	2-51
2.2.4.6 Plan de suministro de equipos y materiales	2-53
2.2.4.7 Plan capacitación en la operación inicial y capacitación en el uso	2-54
2.2.4.8 Plan de componentes no estructurales *(véase el Anexo para el plan de componentes no estructurales)	2-55

2.2.4.9	Calendario de trabajo.....	2-56
2.3	Plan de Gestión de Seguridad	2-57
2.4	Responsabilidades de Nicaragua.....	2-57
2.4.1	Responsabilidades Básicas sobre el Proyecto de Cooperación Financiera No Reembolsable.....	2-57
2.4.2	Responsabilidades Específicas de la Ejecución del Proyecto de Cooperación Financiera No Reembolsable	2-58
2.5	Plan de Operación y Mantenimiento del Proyecto.....	2-59
2.5.1	Sistema de gestión, operación y mantenimiento.....	2-59
2.5.2	Métodos de operación y mantenimiento	2-60
2.6	Costo Estimado del Proyecto	2-67
2.6.1	Costo estimado del Proyecto de Cooperación	2-67
2.6.2	Costo de Operación y Mantenimiento	2-67
CAPÍTULO 3 Evaluación del Proyecto.....		3-1
3.1	Condiciones preliminares para la implementación del Proyecto	3-1
3.2	Aportes del Gobierno de Contraparte para el Cumplimiento del Plan General del Proyecto.....	3-1
3.3	Condiciones Externas.....	3-2
3.4	Evaluación del Proyecto	3-3
3.4.1	Pertinencia	3-3
3.4.2	Efectividad.....	3-3
CAPÍTULO 4 Estudio del volumen disponible del agua subterránea		4-1
4.1	Recopilación y Organización de la Información Existente.....	4-1
4.1.1	Plan de Desarrollo y Gestión de Agua Subterránea en la Ciudad de Managua ...	4-1
4.1.2	Plan Nacional de Recursos Hídricos.....	4-1
4.1.3	Estudio del Nivel Freático	4-2
4.1.4	Estudio de la Calidad de Agua del Lago Managua	4-2
4.2	Lineamientos de Construcción del Modelo de Agua Subterránea y Método de Ejecución	4-3
4.2.1	Objetivo del Modelo	4-3
4.2.2	Tipo de Modelo y Software para Utilizar	4-3
4.2.3	Método de Cálculo y Otros Elementos	4-7
4.2.4	Alcance del Análisis.....	4-7
4.3	Construcción del Modelo de Agua Subterránea.....	4-9
4.3.1	Procedimiento de Modelación	4-9
4.3.2	Código MODFLOW	4-10
4.3.3	Parámetros Hidrogeológicos.....	4-11

4.3.4	Estructura del modelo de agua subterránea	4-18
4.3.5	Condiciones Límites del Modelo de Flujo Tridimensional	4-22
4.3.6	Nivel del Agua Inicial.....	4-24
4.4	Estimación de la Recarga de Agua Subterránea	4-26
4.4.1	Estimación de la Recarga de Agua Subterránea Mediante el Modelo de Tanque	4-26
4.4.2	Estimación de la Recarga de Agua Subterránea por la Precipitación	4-34
4.4.3	Estimación de la Recarga de Agua Subterránea por la Fuga de Agua	4-36
4.5	Estimación de la Capacidad de Bombeo de Agua Subterránea	4-37
4.6	Resultados de la Simulación de Agua Subterránea.....	4-39
4.6.1	Análisis del Estado Actual	4-39
4.6.2	Análisis de Previsión	4-46
4.7	Capacitación y seminarios relacionados con la simulación de aguas subterráneas	4-72
4.7.1	Capacitación en software de simulación de aguas subterráneas	4-72
4.7.2	Seminario sobre resultados de simulación de aguas subterráneas	4-72
4.8	Resultados de la Encuesta de Calidad del Agua del Lago de Managua.....	4-73

[Apéndice]

1. Miembros del Equipo de Encuesta	A1-1
2. Cronograma del Estudio	A2-1
3. Lista de Partes Interesadas en el País Beneficiario.....	A3-1
4. Minutas de Discusión (M/D)	A4-1
4.1 Minutas de Discusión (17 de mayo de 2021).....	A4-1
4.2 Minutas de Discusión (19 de noviembre de 2021)	A4-17
5. Plan de Componentes No Estructurales.....	A5-1
6. Documento de Referencia	
6.1 Notas Técnicas	A6-1-1
6.2 Dibujos Preliminares de Diseño	A6-2-1
6.3 Informe de Seguimiento del Proyecto.....	A6-3-1



MAPA DE UBICACIÓN

Lista de Figuras

Figura 1.2.1	Resultados del Estudio de suelos.....	1-5
Figura 1.2.2	Mapa de Ubicación de los Pozos Sujetos al Estudio del Nivel Freático	1-6
Figura 1.2.3	Puntos de Muestreo de la Calidad de Agua	1-8
Figura 2.2.1	Área de Servicio de las Sucursales en la Ciudad de Managua	2-2
Figura 2.2.2	Resultados del Estudio de Presión de Distribución de Agua.....	2-4
Figura 2.2.3	Planta del taller de electromecánica	2-10
Figura 2.2.4	O y M Mediante el Personal Permanente y la Ronda de Gerentes en Turno...2-20	
Figura 2.2.5	Esquema Conceptual del Control de las Bombas de los Pozos	2-21
Figura 2.2.6	Vista en Planta y Exterior de la Sala de Operación	2-23
Figura 2.2.7	Plano de Ubicación Preliminar de la Sala de Operación	2-23
Figura 2.2.8	Descripción de los Trabajos del Taller de Electromecánica	2-39
Figura 2.5.1	Organigrama de la Gerencia de Operaciones de ENACAL Central.....	2-60
Figura 4.2.1	Resumen del modelo INETER (2020).....	4-5
Figura 4.2.2	Alcance del Acuífero Las Sierras en la Literatura Existente	4-7
Figura 4.2.3	Área Objeto del Análisis de Modelo de Agua Subterránea	4-8
Figura 4.3.1	Procedimiento de Modelación.....	4-9
Figura 4.3.2	División de la Cuadrícula del Modelo Tridimensional de MODFLOW	4-11
Figura 4.3.3	Rango de Conductividad hidráulica de las Principales Capas.....	4-14
Figura 4.3.4	Distribución de la Conductividad Hidráulica Horizontal del Acuífero Las Sierras según los Datos Existentes	4-15
Figura 4.3.5	Distribución del Valor Inicial de la Conductividad Hidráulica Horizontal del Acuífero Las Sierras	4-15
Figura 4.3.6	Relación Entre la Capacidad Específica, el Coeficiente de Almacenamiento y el Coeficiente de Transmisibilidad en Estado no Estacionario.....	4-17
Figura 4.3.7	Cuadrícula Analítica Simulada	4-19
Figura 4.3.8	Concepto de Celda Donde no Está Distribuido el Primer Acuífero	4-20
Figura 4.3.9	Concepto de Celda de Topografía de la Caldera.....	4-20
Figura 4.3.10	Distribución de la Profundidad de la Cara Inferior del Tercer Acuífero.....	4-21
Figura 4.3.11	Distribución del Espesor del Tercer Acuífero	4-21
Figura 4.3.12	Celdas Donde Está Establecido el Cabeza Hidráulico Conocido (Cabezal Hidráulico Fijo) (■).....	4-22
Figura 4.3.13	Celdas Donde se Estableció el Límite de Cabezal Hidráulico General (■)...4-23	
Figura 4.3.14	Distribución del Nivel del Agua Subterránea Elaborada a Partir de los Datos Existentes	4-24
Figura 4.3.15	Nivel del Agua Inicial Utilizado para el Cálculo del Estado Actual.....	4-25
Figura 4.4.1	Ejemplo de modelo de tanque	4-26
Figura 4.4.2	Estructura del Modelo de Tanque Aplicado en el Presente Estudio	4-28
Figura 4.4.3	Puntos de Observación Meteorológica	4-29
Figura 4.4.4	Puntos de observación del nivel del agua subterránea no confinada.....	4-30
Figura 4.4.5	Santa Clara (Granada) (Datos meteorológicos: Masaya)	4-30
Figura 4.4.6	Los Placeres (Datos meteorológicos: Masaya).....	4-31

Figura 4.4.7	Hda El Panama (Datos meteorológicos: Aeropuerto Internacional Managua).....	4-31
Figura 4.4.8	División del Área por Tasa de Recarga de Agua Subterránea	4-35
Figura 4.4.9	División de los Macrosectores de la Ciudad de Managua	4-36
Figura 4.5.1	Comparación de los datos de ENACAL sobre el volumen de bombeo de la agua subterránea en 2016 y los valores estimados por el presente Estudio	4-38
Figura 4.5.2	Resultados del Cálculo del Volumen Mensual de Bombeo (tercer acuífero)..	4-39
Figura 4.6.1	Puntos de Observación del Nivel de Agua Subterránea Utilizados para la Calibración.....	4-40
Figura 4.6.2	Resultados de la Calibración.....	4-41
Figura 4.6.3	Reproducción del Nivel del Agua Subterránea de Diciembre de 2019	4-41
Figura 4.6.4	Balace de agua subterránea en la totalidad del área de análisis (cálculo) (enero de 2011- diciembre de 2019).....	4-43
Figura 4.6.5	Balace de agua subterránea en el área de acuíferos las Sierras del PNRH (todos los acuíferos) (Enero de 2011 - diciembre de 2019).....	4-43
Figura 4.6.6	Balace de agua subterránea en acuíferos las Sierras del PNRH (Tercer acuífero) (Enero de 2011 - diciembre de 2019).....	4-44
Figura 4.6.7	Distribución de coeficientes de permeabilidad horizontal determinados mediante el cálculo de la situación actual (tercer acuífero).....	4-46
Figura 4.6.8	Previsión de las fluctuaciones del nivel del agua subterránea en los puntos de calibración.....	4-49
Figura 4.6.9	Fluctuaciones del nivel del agua subterránea en los principales sitios de proyectos anteriores de JICA.....	4-50
Figura 4.6.10	Distribución de Pozos Principales en 2021.....	4-51
Figura 4.6.11	Escenario 1: Proyección de la distribución del nivel freático	4-52
Figura 4.6.12	Escenario 1: Comparación con la distribución del nivel freático en 2019....	4-52
Figura 4.6.13	Escenario 2: Proyección de la distribución del nivel freático.....	4-53
Figura 4.6.14	Escenario 2: Comparación con la distribución del nivel freático en 2019....	4-53
Figura 4.6.15	Escenario2: Comparación con la distribución del nivel freático del Escenario1	4-53
Figura 4.6.16	Escenario 3: Proyección de la distribución del nivel freático.....	4-54
Figura 4.6.17	Escenario 3: Comparación con la distribución del nivel freático en 2019....	4-54
Figura 4.6.18	Escenario3: Comparación con la distribución del nivel freático del Escenario1	4-54
Figura 4.6.19	Escenario 4: Proyección de la distribución del nivel freático.....	4-55
Figura 4.6.20	Escenario 4: Comparación con la distribución del nivel freático en 2019....	4-55
Figura 4.6.21	Escenario4: Comparación con la distribución del nivel freático del Escenario1	4-56
Figura 4.6.22	Escenario 5: Proyección de la distribución del nivel freático.....	4-56
Figura 4.6.23	Escenario 5: Comparación con la distribución del nivel freático en 2019....	4-57
Figura 4.6.24	Escenario5: Comparación con la distribución del nivel freático del Escenario1	4-57
Figura 4.6.25	Escenario 1: Balace de agua subterránea en la totalidad del área de análisis (cálculo).....	4-58

Figura 4.6.26	Escenario 1: Balance de agua subterránea en el área de acuífero las Sierras del PNRH (todos los acuíferos).....	4-58
Figura 4.6.27	Escenario 1: Balance de agua subterránea en acuíferos las Sierras del PNRH (Tercer acuífero)	4-59
Figura 4.6.28	Escenario 2: Balance de agua subterránea en la totalidad del área de análisis (cálculo).....	4-59
Figura 4.6.29	Escenario 2: Balance de agua subterránea en el área de acuífero las Sierras del PNRH (todos los acuíferos).....	4-60
Figura 4.6.30	Escenario 2: Balance de agua subterránea en acuíferos las Sierras del PNRH (Tercer acuífero)	4-60
Figura 4.6.31	Escenario 3: Balance de agua subterránea en la totalidad del área de análisis (cálculo).....	4-61
Figura 4.6.32	Escenario 3: Balance de agua subterránea en el área de acuífero las Sierras del PNRH (todos los acuíferos).....	4-61
Figura 4.6.33	Escenario 3: Balance de agua subterránea en acuíferos las Sierras del PNRH (Tercer acuífero)	4-62
Figura 4.6.34	Escenario 4: Balance de agua subterránea en la totalidad del área de análisis (cálculo).....	4-62
Figura 4.6.35	Escenario 4: Balance de agua subterránea en el área de acuífero las Sierras del PNRH (todos los acuíferos).....	4-63
Figura 4.6.36	Escenario 4: Balance de agua subterránea en acuíferos las Sierras del PNRH (Tercer acuífero)	4-63
Figura 4.6.37	Escenario 5: Balance de agua subterránea en la totalidad del área de análisis (cálculo).....	4-64
Figura 4.6.38	Escenario 5: Balance de agua subterránea en el área de acuífero las Sierras del PNRH (todos los acuíferos).....	4-64
Figura 4.6.39	Escenario 5: Balance de agua subterránea en acuíferos las Sierras del PNRH (Tercer acuífero)	4-65
Figura 4.6.40	Puntos de calibración y puntos de proyecto JICA	4-66
Figura 4.6.41	Fluctuación del nivel del agua subterránea en el escenario 1	4-66

Lista de Tablas

Tabla 1.2.1	Contenidos del Estudio Topográfico	1-3
Tabla 1.2.2	Contenidos del Estudio Topográfico	1-4
Tabla 1.2.3	Resultados del Estudio de Nivel Freático	1-7
Tabla 1.2.4	Profundidad de Muestreo y Parámetros del Estudio de Calidad de Agua.....	1-9
Tabla 1.2.5	Resultados del Estudio la Calidad de Agua del Lago Managua.....	1-10
Tabla 2.1.1	Descripción del Proyecto	2-1
Tabla 2.2.1	Lista de las Estaciones de Bombeo y de las Bombas de ENACAL en Managua	2-3
Tabla 2.2.2	Lista de las Estaciones de Bombeo y de las Bombas de ENACAL en Managua	2-6
Tabla 2.2.3	Situación Actual y Desafíos del Taller de Electromecánica.....	2-9
Tabla 2.2.4	Pozos Objeto de la Instalación de Variadores	2-15

Tabla 2.2.5	Resultados de Medición de la Calidad de Fuentes de Energía	2-16
Tabla 2.2.6	Registro de los Cortes de Electricidad (julio de 2021).....	2-17
Tabla 2.2.7	Tabla de las Instalaciones de Bombeo Existentes	2-18
Tabla 2.2.8	Operación y Mantenimiento de las Estaciones de Bombeo Existentes	2-19
Tabla 2.2.9	Relación de la Capacidad de los Motores Existentes y Nuevos Variadores	2-22
Tabla 2.2.10	Repuestos de Variadores Necesarios	2-22
Tabla 2.2.11	Comparación de la Estructura de los Nuevos Reservorio	2-25
Tabla 2.2.12	Especificaciones de las Estaciones de Bombeo y de las Bombas Existentes.....	2-29
Tabla 2.2.13	Descripción de las Estaciones de Bombeo Solicitadas por ENACAL	2-29
Tabla 2.2.14	Resultados del Estudio en las Estaciones de Bombeo Existentes	2-30
Tabla 2.2.15	Bombas por Renovar y Justificación de la Selección.....	2-31
Tabla 2.2.16	Plan de los Puntos Nominales de las Bombas	2-33
Tabla 2.2.17	Método de renovación de las bombas	2-35
Tabla 2.2.18	Funciones de las principales máquinas herramienta y de los vehículos y descripción de trabajos	2-40
Tabla 2.2.19	Impacto Esperado del Suministro de los Equipos	2-41
Tabla 2.2.20	Registro de los Cortes de Electricidad (julio de 2021).....	2-43
Tabla 2.2.21	Lista de los equipos por suministrar (equipos de reducción de ANF).....	2-46
Tabla 2.2.22	Lista de dibujo	2-47
Tabla 2.2.23	División de responsabilidades entre ambos gobiernos	2-49
Tabla 2.2.24	Lista de Control de Calidad de los Equipos	2-52
Tabla 2.2.25	Control de Calidad de los Materiales Utilizados en las Obras de Instalación.....	2-52
Tabla 2.2.26	Justificación de Selección de los Mercados de los Equipos	2-53
Tabla 2.2.27	Plan Capacitación en la Operación Inicial y Capacitación en el Uso.....	2-54
Tabla 2.2.28	Calendario de trabajo.....	2-56
Tabla 2.5.1	Parámetros de O y M de las Estaciones de Bombeo de los Pozos	2-61
Tabla 2.5.2	Frecuencia de Inspección del Reservorio	2-62
Tabla 2.5.3	Elementos de Operación y Mantenimiento del Reservorio	2-63
Tabla 2.5.4	Parámetros de O y M de las Estaciones de Bombeo de Transmisión de Agua	2-64
Tabla 2.5.5	VARIABLES de Inspección de las Válvulas de Control de Caudal.....	2-64
Tabla 2.5.6	VARIABLES de O y M del puente acueducto, incluyendo los equipos	2-65
Tabla 2.5.7	VARIABLES de O y M del Taller de Electromecánica.....	2-65
Tabla 2.5.8	VARIABLES de O y M de los Equipos que Contribuyen a la Reducción de ANF	2-66
Tabla 2.6.1	Costos a cargo Nicaragua	2-67
Tabla 2.6.2	Variación del Consumo de Energía Eléctrica con y sin el Variador	2-68
Tabla 2.6.3	Consumo Anual de Electricidad en el Pozo	2-69
Tabla 2.6.4	Costo Anual de Operación y Mantenimiento del Pozo.....	2-70
Tabla 2.6.5	Recursos Humanos Necesarios para la Operación del Reservorio.....	2-70
Tabla 2.6.6	Recursos Humanos Necesarios para la Operación del Reservorio.....	2-71
Tabla 2.6.7	Reducción de la Eficiencia de las Bombas de Transmisión de Agua Existentes.....	2-71

Tabla 2.6.8	Consumo de Energía Eléctrica Reducido por la Renovación de las Bombas ...	2-72
Tabla 2.6.9	Costo Anual de O y M de las Estaciones de Bombeo Seleccionadas (tentativo)	2-72
Tabla 2.6.10	Costo Anual de O y M de la Válvula de Control de Caudal	2-73
Tabla 3.4.1	Efecto Cuantitativo.....	3-4
Tabla 4.2.1	Ejemplos de Softwares Utilizados en el Análisis de Agua Subterránea en Nicaragua	4-4
Tabla 4.2.2	Softwares Solicitados por las Organizaciones Relacionadas	4-5
Tabla 4.2.3	Comparación de Tipos de Visual MODFLOW Pro y Métodos de Administración de la Licencia.....	4-6
Tabla 4.3.1	Procedimiento de Modelación.....	4-9
Tabla 4.3.2	Parámetros Básicos Necesarios para la Simulación de MODFLOW.....	4-11
Tabla 4.3.3	Rango de Capacidad Específica	4-18
Tabla 4.3.4	Rango del Rendimiento Específico	4-18
Tabla 4.3.5	Clasificación de los Acuíferos.....	4-19
Tabla 4.3.6	Nivel del Agua y Profundidad de los Lagos y Sistemas Hidráulicos	4-23
Tabla 4.4.1	Parámetros del modelo de tanque	4-27
Tabla 4.4.2	Recarga Mensual de Agua Subterránea (Santa Clara).....	4-32
Tabla 4.4.3	Recarga Mensual de Agua Subterránea (Los Placeres).....	4-33
Tabla 4.4.4	Recarga Mensual de Agua Subterránea (Hda El Panama)	4-34
Tabla 4.4.5	Promedio de la Recarga de Agua Subterránea Estimada por el Análisis del Modelo de Tanque de los Tres Puntos	4-35
Tabla 4.4.6	División del Área por Tasa de Recarga de Agua Subterránea.....	4-35
Tabla 4.4.7	Volumen de Recarga de Acuífero por la Fuga.....	4-37
Tabla 4.6.1	Situación de recolección de los datos necesarios para el análisis del estado actual	4-39
Tabla 4.6.2	Balance Anual de agua subterránea en la totalidad del área de análisis.....	4-45
Tabla 4.6.3	Balance Anual de agua subterránea en el área de acuíferos las Sierras del PNRH (todos los acuíferos).....	4-45
Tabla 4.6.4	Balance Anual de Agua Subterránea en Acuíferos las Sierras del PNRH (Tercer acuífero)	4-45
Tabla 4.6.5	Recopilación de datos necesarios para el análisis de la situación actual.....	4-45
Tabla 4.6.6	Condiciones de Recarga de Agua Subterránea.....	4-47
Tabla 4.6.7	Condiciones de Bombeo de Agua Subterránea	4-47
Tabla 4.6.8	Escenarios de Análisis de Previsión	4-48
Tabla 4.6.9	Proyección de la diferencia del nivel freático en los puntos de calibración comparada con diciembre de 2019	4-49
Tabla 4.6.10	Proyección de la diferencia del nivel freático con el Escenario 1	4-49
Tabla 4.6.11	Proyección de la diferencia del nivel freático en los puntos de JICA Proyectos comparada con diciembre de 2019	4-50
Tabla 4.6.12	Proyección de la diferencia del nivel freático con el Escenario 1	4-50
Tabla 4.6.13	Balance anual de agua subterránea en la totalidad del área de análisis (cálculo).....	4-67
Tabla 4.6.14	Balance anual de agua subterránea en el área de acuífero las Sierras del PNRH (todos los acuíferos).....	4-68

Tabla 4.6.15	Balance anual de agua subterránea en acuíferos las Sierras del PNRH (Tercer acuífero)	4-68
Tabla 4.6.16	Predicción del nivel de agua subterránea y la dirección del flujo de agua subterránea en cada escenario.....	4-69
Tabla 4.7.1	Contenido de capacitación.....	4-72
Tabla 4.7.2	Participantes de la capacitación.....	4-72
Tabla 4.7.3	Participantes de la capacitación.....	4-72
Tabla 4.8.1	Descripción del Proyecto.....	4-74

Lista de Fotos

Foto 1.2.1	Sitio de Estudio de Topográfico.....	1-4
Foto 1.2.2	Sitio de Estudio de Suelos	1-4
Foto 1.2.3	Sitio de Estudio de la calidad de agua del Lago Managua.....	1-9

Listado de Abreviaturas

A/P	Autorización de Pago
ANA	Autoridad Nacional del Agua
ASSHOTO	Asociación Estadounidense de Funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte
ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales
B/A	Convenio Bancario
BCN	Banco Central de Nicaragua
CIRA	Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua
COD	Demanda Química de Oxígeno
CVV	Cable con revestimiento de vinilo con aislamiento de vinilo para control de uso
DMA	Área de medición del distrito
E/N	Intercambio de notas
ENACAL	Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios
EU	Unión Europea
FISE	Fondo de Inversión Social de Emergencia de Nicaragua
G/A	Acuerdo de Donación
GDP	Producto Interno Bruto
GIZ	Deutsche Gesellschaft fuer Internationale Zusammenarbeit
GNI	El Ingreso Nacional Bruto
HDPE	Polietileno de Alta Densidad
Hp	Caballo de fuerza
IDB	Banco Interamericano de Desarrollo
INETER	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales
JICA	Agencia de Cooperación Internacional de Japón
kW	Kilovatio
MAG	Ministerio Agropecuario
MARENA	Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales
MEM	Ministerio de Energía y Minas
MHPC	Ministerio de Hacienda y Crédito Público
MINSA	Ministerio Salud
PC	Hormigón Pretensado
PEDI	Plan Estratégico de Desarrollo Institucional de ENACAL
pH	Exponente de Iones de Hidrógeno
PISASH	Programa Integral Sectorial de Agua y Saneamiento Humano de Nicaragua
PNDH	Plan Nacional de Desarrollo Humano
PNRH	Plan Nacional de Recursos Hídricos
PVC	Cloruro de Polivinilo
RC	Concreto Reforzado
SINAPRE	Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres Nicaragua
SS	Sólidos Suspendidos
SUS	Uso de Acero Inoxidable
UNAN	Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
USB	Bus Serie Universal
VAT	Impuesto al Valor Agregado

CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

1.1 Antecedentes del Proyecto

ENACAL está tomando medidas contra el agua no facturada desde una perspectiva de mediano a largo plazo de acuerdo con el plan de acción que se muestra en el proyecto de ANF (en lo sucesivo referido como "PROGESTION"), utilizando el apoyo de los socios de desarrollo. Sin embargo, no se espera que todas las medidas indicadas en el plan de acción se lleven a cabo.

Dado que más del 90% de la fuente de agua potable depende de las aguas subterráneas, el costo de la electricidad requerida para el bombeo es una carga pesada para la gestión de ENACAL y representa alrededor del 40% del costo de operación y mantenimiento. Sin embargo, muchas bombas en los pozos existentes están envejeciendo y se ven obligadas a consumir electricidad debido a una operación ineficiente, y la presión excesiva del agua en la red de tuberías de distribución promueve la aparición de fugas de agua.

Además, las instalaciones de suministro y distribución de agua y otras instalaciones secundarias que se construyeron con el apoyo de Japón en el pasado también están envejeciendo significativamente. Las capacidades tecnológicas y financieras de ENACAL no han sido capaces de tomar medidas para prevenir de manera efectiva las fugas de agua de esas instalaciones existentes.

Con base en esta situación, Japón reconoció la necesidad de apoyo para ENACAL, y luego de discusiones con el Gobierno de Nicaragua, decidió realizar una encuesta preparatoria de cooperación asumiendo el uso del marco de la Cooperación Financiera No Reembolsable en 2020. Los temas importantes identificados a través de la encuesta se resumen en los siguientes tres.

(1) Reducción de fugas de agua

Como se mencionó anteriormente, el PROGESTION ha formulado un plan de acción con el año objetivo de 2035, y el BID y la GIZ están brindando apoyo para las medidas allí propuestas. En el plan de acción, como contramedidas ANF urgentes e inmediatas, se mencionaron esfuerzos como "reparación de fugas en tuberías de agua troncales" y "reparación de fugas alrededor de válvulas que ocurren alrededor de los embalses de distribución existentes". Sin embargo, no ha sido apoyado por otros donantes y aún no se espera que se implementen medidas de reparación.

Como se indicó anteriormente, existen aproximadamente 180 pozos dentro de la ciudad de Managua como fuentes de agua potable. Además de que las redes de distribución no están completamente separadas, tampoco se define claramente el alcance de las responsabilidades entre la sede central de Managua y las sucursales lo que ha dificultado a ENACAL realizar una adecuada gestión de distribución de agua.

En particular, la falta de gestión de la presión de agua distribuida, la empresa se ve obligada

a operar las bombas de los pozos durante las horas nocturnas cuando la demanda baja. Esta modalidad de operación constituye una de las causas de las fugas, ya que se siguen bombeando el agua en las horas de baja demanda, lo que aumenta la presión de agua que fluye en la red de tuberías. Asimismo, esta modalidad de operación encarece el costo de energía eléctrica al operar las bombas más de lo necesario. Por lo tanto, es un desafío para la empresa lograr la gestión adecuada de la distribución de agua y mejorar la eficiencia energética de la operación.

Como resultado del proyecto piloto en el PROGESTION, se ha comprobado que la optimización de la presión del agua tiene un gran efecto en la reducción del ANF, y ENACAL también tiene una alta necesidad de una adecuada gestión de la presión de distribución.

(2) Reducir el costo de operación y mantenimiento de ENACAL

ENACAL ha fijado la reducción de los costos de energía eléctrica como una de las metas de su plan estratégico de negocios.

En 2015, bajo la asistencia del Banco Mundial, ENACAL llevó a cabo el estudio del Plan Maestro de eficiencia energética de la operación, y fue propuesto el plan de acción para mejorar la eficiencia energética de los pozos y de las estaciones de bombeo existentes, indicando la necesidad de mejorar el sistema de control incluyendo la instalación de variadores.

La mayoría de los pozos existentes están conectados directamente a la red de tuberías de distribución de agua y su equipo de bombeo está envejeciendo. Por lo tanto, no es posible controlar el número de unidades y operar de acuerdo con la presión del agua. Al continuar operando las 24 horas del día, independientemente de las fluctuaciones en la demanda de agua, se obliga a una operación y uso de electricidad ineficientes.

Por lo tanto, existe una necesidad extremadamente alta de mejorar la eficiencia operativa de los pozos existentes y, al preparar materiales y equipos que satisfagan estas necesidades, es posible reducir los costos de gestión operativa con efecto inmediato.

(3) Cree un sistema de mantenimiento rápido

ENACAL cuenta con un taller para reparar e inspeccionar los medidores de agua, así como un taller de electromecánica para reparar las bombas, paneles de control, etc. y realiza en lo posible la reparación de los medidores de agua, caudalímetros, bombas, paneles de control, etc.

El taller de electromecánica repara las bombas y los paneles de control que llegan de diferentes puntos del país, y en promedio aquí se reparan entre 70 bombas y motores al año. Sin embargo, debido a la obsolescencia de las instalaciones, la pérdida y la falta de capacidad y funcionamiento de los equipos disponibles, se ve obligado a alquilar los equipos de un

tercero, o tercerizar el maquinado de las partes que no pueden ser atendidas dentro del taller de ENACAL, lo que trae como consecuencia la pérdida de eficiencia de trabajo y aumento de los costos de reparación.

Por lo tanto, para hacer eficiente el sistema de mantenimiento de ENACAL, existe una altísima necesidad de fortalecer el equipamiento del taller, y la cooperación para ello ayudará a mejorar la gestión empresarial de ENACAL.

El contenido de la cooperación en este proyecto es el siguiente. A través de estas medidas, es posible reducir las fugas de agua y los costos de operación y mantenimiento, reduciendo así la carga en la gestión empresarial de ENACAL.

- Instalar los variadores a las bombas de los pozos
- Instalar los reservorios
- Instalar los equipos de reparación de fugas
- Instalar la válvula de control de caudal
- Suministrar los equipos necesarios para a la reducción de ANF
- Renovar las bombas de transmisión de agua
- Renovar los equipos del taller de electromecánica

1.2 Condiciones Naturales

(1) Estudio de Topográfico

Se realizaron levantamientos topográficos en Las Pilas y Seminario para confirmar la topografía del reservorio planificado y el estado de las instalaciones subterráneas. La Tabla 1.2.1 resume el esquema del levantamiento topográfico y la Foto 1.2.1 muestra el estado de implementación del levantamiento.

Tabla 1.2.1 Contenidos del Estudio Topográfico

Ítem	Ubicación	Contenido	Comentarios
Levantamiento de planos y curvas de nivel	Las Pilas	0.9 ha	Curvas a cada 0.2m
	Seminario	0.6 ha	
Excavaciones para ubicar infraestructura existente	Las Pilas	03 excavaciones (1.5m x 1.0m x 1.5m)	Referenciar tubería soterrada en planos
	Seminario	04 excavaciones (1.5m x 1.0m x 1.5m)	



Las Pilas



Estado de implementación

Foto 1.2.1 Sitio de Estudio de Topográfico

(2) Estudio de Suelos

Se realizó un estudio de perforación mecánica y una prueba de suelo interior para comprender las condiciones geológicas requeridas para planificar y diseñar el reservorio planificado y la planificación de la construcción. Los resultados del estudio suelo se utilizarán para estudiar los métodos de relleno sanitario, estimar la cantidad de suelo del relleno sanitario, estudiar el tipo de cimiento y estudiar la capacidad de carga de los cimientos de pilotes. La Tabla 1.2.2 muestra el esquema de la implementación de la perforación mecánica y la Foto 1.2.2 muestra el estado de implementación de la encuesta de perforación.

Tabla 1.2.2 Contenidos del Estudio Topográfico

Ítem	Ubicación	Contenido	Comentarios
Extracción de Núcleos	Las Pilas	1 sitio	30m de profundidad, incluir SPT, detener $N \geq 30$ continua más de 5m
	Seminario	1 sitio	
Prueba de laboratorio	Las Pilas	5 muestras	Suelo cohesivo (contenido de agua natural, prueba de límite líquido, prueba de límite plástico, prueba de gravedad específica, resistencia a la compresión, prueba de consolidación) suelo arenoso (contenido de agua natural, análisis de tamaño de partículas, prueba de permeabilidad)
	Seminario	5 muestras	



Estado de implementación de bolos



Muestreo de suelos

Foto 1.2.2 Sitio de Estudio de Suelos

Los resultados de la prueba de penetración estándar (valor N) del estudio de perforación

mecánica se muestran en la siguiente figura. A una altura del suelo de -2,5 m, el valor de N supera los 50 y la roca ha aterrizado en el lecho rocoso, lo que confirma que el suelo es suficiente.

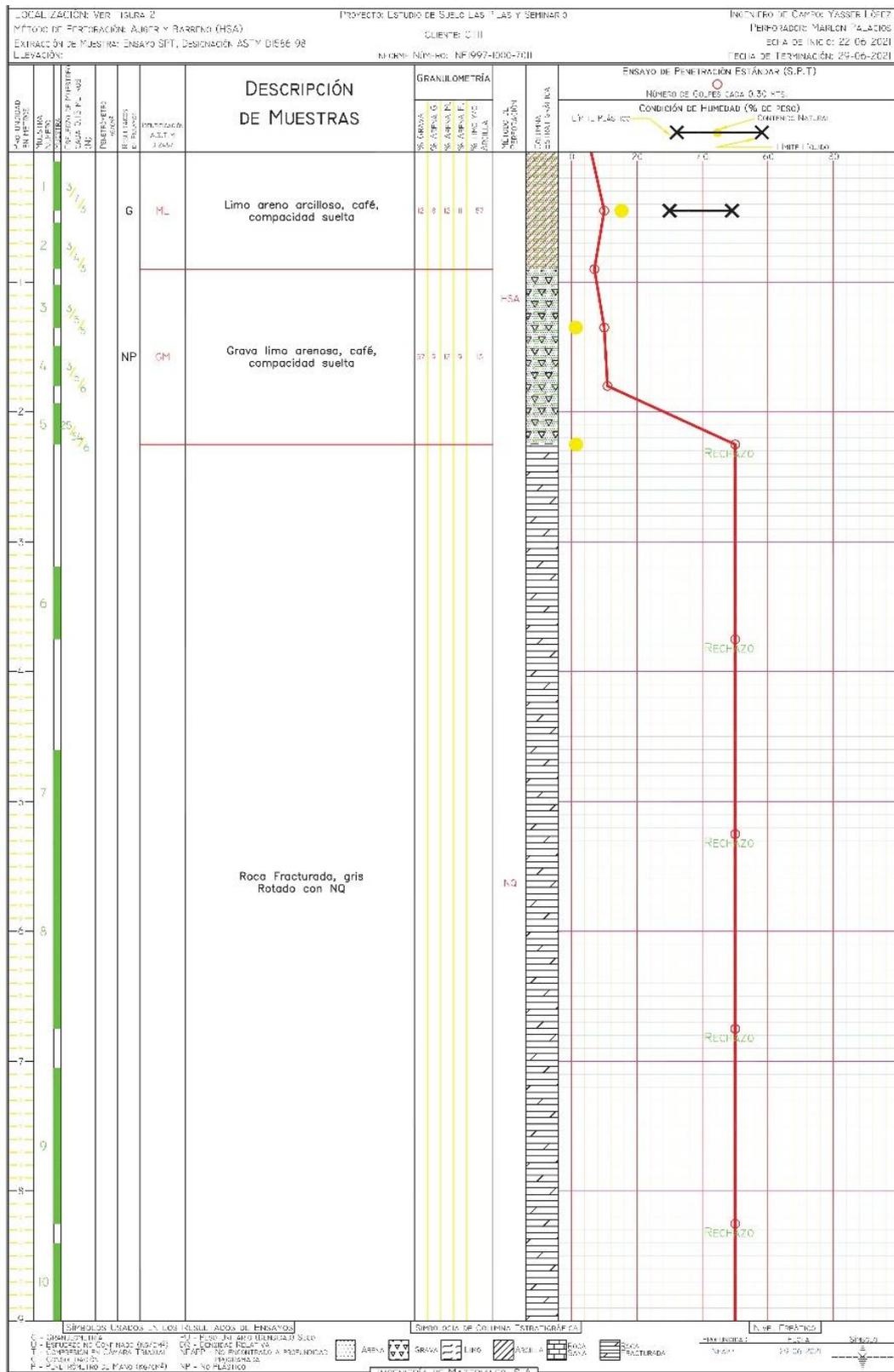


Figura 1.2.1 Resultados del Estudio de suelos

(3) Estudio del Nivel Freático

Se llevó a cabo el estudio del nivel freático con el fin de conocer la situación actual del agua subterránea en el Área del Estudio. Asimismo, ENACAL llevó a cabo simultáneamente un estudio para conocer detalladamente la distribución del nivel freático con el apoyo de ENACAL. En la Figura 1.2.2 se presenta el mapa de ubicación de los pozos objeto del estudio del nivel freático y en la Tabla 1.2.3 se presentan los resultados del estudio.

En la prueba simple de calidad del agua realizada en esta encuesta, se confirmó que no hubo problemas con el pH, la temperatura del agua y la conductividad eléctrica. Los resultados de la medición del nivel del agua subterránea se utilizaron en la simulación del estudio de la reserva de agua subterránea que se muestra en el Capítulo 4. Esta encuesta también fue realizada por ENACAL de forma independiente, y se entendió que el monitoreo de las aguas subterráneas es importante. Esperamos que ENACAL y las organizaciones relacionadas con el desarrollo de los recursos hídricos en Nicaragua lleven a cabo un monitoreo continuo.

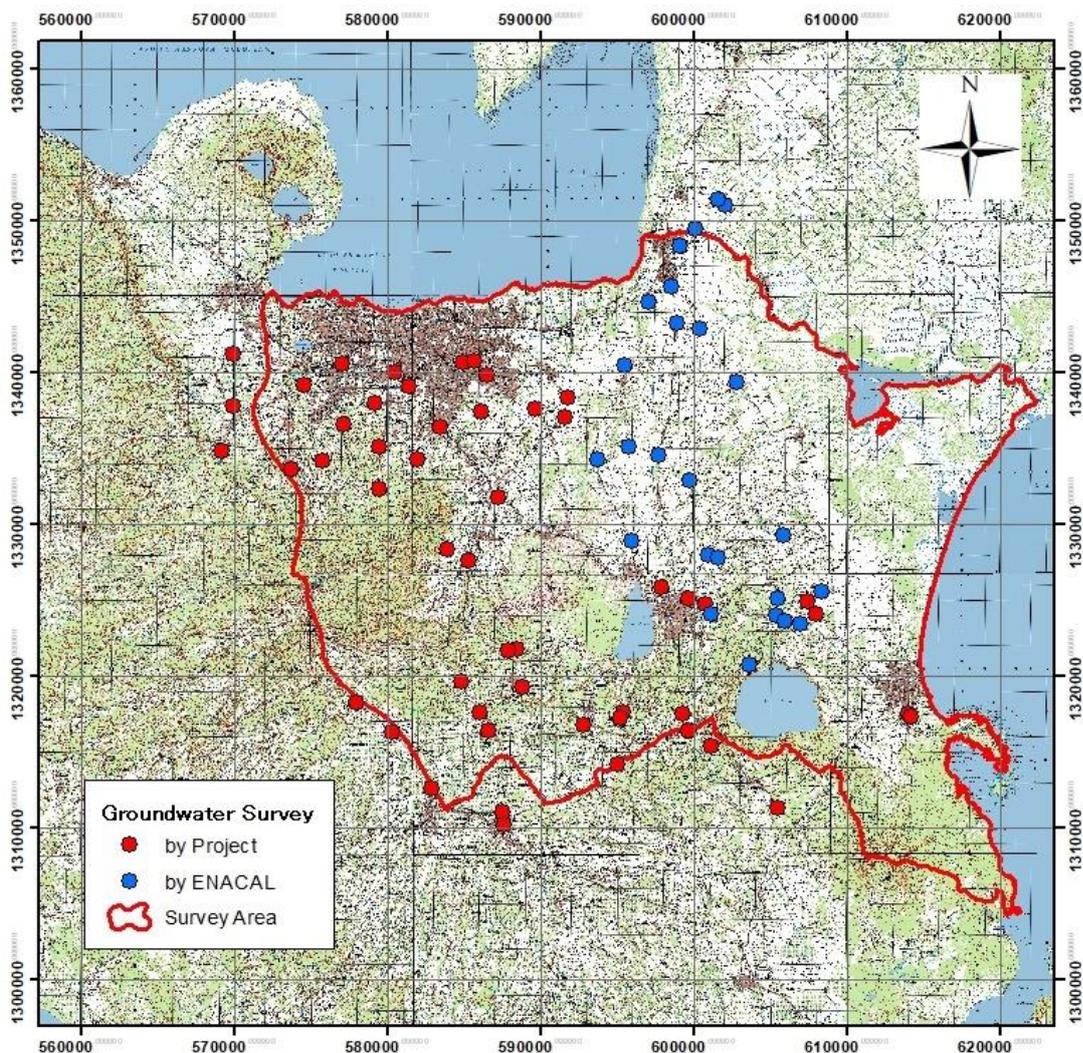


Figura 1.2.2 Mapa de Ubicación de los Pozos Sujetos al Estudio del Nivel Freático

Tabla 1.2.3 Resultados del Estudio de Nivel Freático

No	Pozo	Coordinate WGS 84		Elevación (m)	pH	Temp. (°C)	EC (μS/cm)	Nivel de agua quieta	Nivel de agua dinámica	Q (gpm)	Fecha
		Easting	Northing								
1	Cuajachillo No.2	569,981	1,341,238	163	7.44	32.4	540	122.79	172.06	476.00	01/Jul/2021
2	Chiquilistagua	569,982	1,337,782	260	7.22	31.2	560	151.67	160.81	329.00	01/Jul/2021
3	Planetarium	569,270	1,334,837	406	7.26	28.3	490	139.24	153.50	438.00	01/Jul/2021
4	San Patricio km 8 C. Sur	574,611	1,339,123	203	7.79	27.5	450	162.82	197.63	412.15	02/Jul/2021
5	Julio Martinez	577,142	1,340,523	144	7.88	27.8	480	106.38	124.50	714.00	02/Jul/2021
6	Km 13.5 C. Sur	573,767	1,333,619	420	7.65	29.0	530	253.50	268.71	429.00	02/Jul/2021
7	La Bolsa	575,763	1,334,181	420	7.68	26.2	390	301.84	306.23	210.57	13/Jul/2021
8	Padre Fabreto	577,173	1,336,560	300	7.86	27.3	400	248.66	275.45	714.00	03/Jul/2021
9	UNAN Viejo	579,198	1,337,979	217	7.79	27.5	220	156.95	-	-	03/Jul/2021
10	Altamira No.5 (old)	580,510	1,339,994	142	7.42	28.6	410	94.34	-	-	28/Jun/2021
11	Centro America No.4	581,415	1,339,070	165	8.91	26.4	160	101.82	109.27	260.00	05/Jul/2021
12	Valencia	584,979	1,340,666	119	-	-	-	-	-	-	-
13	Villa Venezuela (new)	585,700	1,340,780	113	7.42	28.6	410	94.34	-	-	28/Jun/2021
14	Villa Libertad No. 1 (Not active)	586,551	1,339,814	130	-	-	-	-	-	-	28/Jun/2021
15	Villa Libertad No. 2	586,551	1,339,814	130	8.34	30.5	260	84.76	144.32	-	28/Jun/2021
16	Managua II P-13	591,799	1,338,363	92	7.49	31.1	1,069	39.30	44.98	842.00	29/Jun/2021
17	P-8 sustitución p-16	591,650	1,337,069	106	6.71	36.0	720	51.86	56.80	875.00	29/Jun/2021
18	Managua PP-4	589,699	1,337,622	116	8.15	28.2	490	56.21	61.76	897.00	29/Jun/2021
19	Enramadas No.2	586,145	1,337,420	182	8.12	28.5	480	114.66	173.46	247.00	05/Jul/2021
20	Santo Domingo No.1	583,473	1,336,387	247	7.96	27.2	420	165.86	177.88	508.00	05/Jul/2021
21	Alpes Nº 2	579,507	1,335,093	385	7.74	25.8	380	315.72	-	-	13/Jul/2021
22	Alpes Nº 4	579,487	1,332,328	530	7.84	24.6	320	420.52	-	-	13/Jul/2021
23	La Hollada No.1	582,029	1,334,271	359	7.90	26.8	370	254.03	272.40	522.00	06/Jul/2021
24	Managua IW-6	587,324	1,331,792	220	6.23	27.2	690	124.84	-	-	13/Jul/2021
25	Crucero No.3	583,921	1,328,313	340	8.01	27.0	340	205.37	208.39	155.88	06/Jul/2021
26	La Borgoña	585,304	1,327,615	327	7.86	25.1	450	192.87	218.18	595.00	06/Jul/2021
27	La Barranca Nº 2	597,905	1,325,855	246	7.89	28.0	610	132.95	133.24	570.00	08/Jul/2021
28	Inca Nº 4	599,677	1,325,104	244	8.21	27.5	390	149.35	-	-	08/Jul/2021
29	Bosco Monje Nº 2	600,789	1,324,700	240	7.10	28.5	560	145.27	-	-	08/Jul/2021
30	Capulin # 1	607,437	1,324,947	117	7.88	31.0	350	63.00	83.38	502.72	30/Jun/2021
31	Capulin # 2	608,003	1,324,112	124	7.90	30.9	330	70.04	80.06	656.00	30/Jun/2021
32	Quinta Ena No.2	614,054	1,317,506	60	6.91	31.0	300	29.80	-	-	30/Jun/2021
33	Quinta Ena No.1	614,262	1,317,334	56	6.71	31.9	630	25.03	39.19	1,198.00	30/Jun/2021
34	Regla Nº 1	605,561	1,311,328	290	7.25	29.0	250	135.23	155.86	283.00	08/Jul/2021
35	San Juan de Oriente	601,189	1,315,346	450	7.53	28.0	330	236.81	249.16	495.00	29/Jun/2021
36	Niquinohomo Nº 1	599,675	1,316,383	478	7.11	28.0	350	261.82	-	-	08/Jul/2021
37	Catarina Nº 1	599,295	1,317,533	460	7.68	26.6	370	0.00	-	228.00	08/Jul/2021
38	Mata de Guayabo	595,012	1,314,207	470	7.84	26.7	300	260.61	-	239.63	12/Jul/2021
39	Tanque Nº 2	595,391	1,317,615	448	-	-	-	-	-	-	12/Jul/2021
40	Oficina de Nandasmo	595,217	1,317,238	450	7.75	26.3	270	-	266.01	-	12/Jul/2021
41	El Mondongo	592,833	1,316,765	448	7.91	26.4	310	263.23	-	-	09/Jul/2021
42	La Bolsa	588,899	1,319,280	508	7.68	27.0	360	292.30	-	-	09/Jul/2021
43	San Juan de La Concha Nº 2	588,496	1,321,804	435	7.85	25.7	630	247.70	-	183.62	05/Jul/2021
44	Martinez Nº 2	587,905	1,321,648	450	7.40	26.5	380	262.13	-	-	05/Jul/2021
45	Los Moncada	584,887	1,319,612	625	7.76	26.0	410	360.66	-	200.00	05/Jul/2021
46	San Leonardo	586,099	1,317,618	563	7.90	25.2	290	285.66	-	-	05/Jul/2021
47	La Normal	586,625	1,316,370	560	7.61	26.8	350	274.48	-	260.00	05/Jul/2021
48	Ana Virgen Noble	587,580	1,310,995	577	7.44	26.0	200	243.59	-	-	05/Jul/2021
49	El Calvario	587,685	1,310,231	559	7.27	25.9	350	231.24	-	-	05/Jul/2021
50	Regina Nº 1	582,932	1,312,613	612	7.39	25.6	300	219.51	-	317.00	05/Jul/2021
51	Marvin Corrales	580,310	1,316,324	698	7.81	25.1	400	-	-	-	05/Jul/2021
52	La Chona	578,038	1,318,219	778	8.30	24.3	270	353.36	-	-	05/Jul/2021
53	Bismark Martínez	600,122	1,349,399	51	-	-	-	14.22	-	-	22/Jun/2021
54	Pozo Cristo Rey	602,102	1,351,038	66	-	-	-	26.00	30.00	300.00	22/Jun/2021
55	Pablo Reyes	601,660	1,351,346	67	-	-	-	21.42	-	-	22/Jun/2021
56	PLOCAP (Cruz Negra)	595,959	1,328,898	228	-	-	-	87.65	89.14	216.65	22/Jun/2021
57	El Portillo	593,748	1,334,253	137	-	-	-	91.46	121.95	100.00	23/Jun/2021
58	San Joaquin (Mamonal)	595,772	1,335,135	201	-	-	-	99.90	105.76	41.66	23/Jun/2021
59	Guanacastillo	597,740	1,334,502	193	-	-	-	-	-	92.47	23/Jun/2021
60	San Jose de Las Pilas	599,768	1,332,873	118	-	-	-	-	-	41.70	23/Jun/2021
61	Cebita y Montañita 1 y 2	600,974	1,327,963	250	-	-	-	150.05	176.82	166.67	24/Jun/2021
62	El Comején y Las Cortezas	601,664	1,327,765	237	-	-	-	130.50	131.15	125.00	24/Jun/2021
63	El Palenque (Aguas del Sur)	605,927	1,329,305	131	-	-	-	58.76	59.51	190.44	24/Jun/2021
64	San Luis	598,916	1,343,218	94	-	-	-	36.48	37.99	56.00	12/Jul/2021
65	San Ramón No,1	602,799	1,339,357	90	-	-	-	28.84	32.29	250.00	12/Jul/2021
66	La Garza	605,385	1,323,949	181	-	-	-	110.00	SD	SD	14/Jul/2021
67	AUSAR (La Reforma)	605,997	1,323,640	194	-	-	-	114.66	129.00	-	14/Jul/2021
68	El Edén	601,147	1,324,052	253	-	-	-	137.23	137.60	277.41	15/Jul/2021
69	Laguna No.1(Plan de Hule)	603,630	1,320,751	325	-	-	-	599.15	688.15	150.00	15/Jul/2021
70	CAP-CSB (Capulin 2)	607,034	1,323,446	105	-	-	-	113.89	130.00	130.00	15/Jul/2021
71	La Ardilla	605,488	1,325,085	168	-	-	-	89.71	98.60	120.00	16/Jul/2021
72	San Blas-Capulin No.1	608,415	1,325,526	113	-	-	-	43.27	SD	SD	16/Jul/2021
73	Tanque La Villa (1°Mayo)	599,142	1,348,331	66	-	-	-	25.50	42.90	SD	13/Jul/2021
74	La Majada	598,579	1,345,625	78	-	-	-	23.05	64.35	SD	13/Jul/2021
75	Zambrano	600,393	1,342,893	69	-	-	-	20.50	40.20	SD	13/Jul/2021
76	San Rafael de Tipitapa	597,097	1,344,662	70	-	-	-	17.95	25.35	SD	13/Jul/2021
77	Cofradia No.4	595,482	1,340,468	84	-	-	-	20.19	22.50	540.00	13/Jul/2021

(4) Estudio de la calidad de agua del Lago Managua

El presente Proyecto consiste en suministrar los equipos que posibiliten utilizar el agua subterránea de manera sostenible como fuente de agua, y como tal, contempla instalar variadores en los pozos de agua, renovar las bombas de transmisión, construir el reservorio de agua prefabricado, etc. Con el fin de verificar su relevancia, se llevó a cabo el estudio de calidad de agua del Lago de Managua como fuente de agua superficial alternativa.

Se ha reportado en el pasado que el agua del Lago de Managua ha sido contaminada con mercurio causada por la descarga de aguas residuales industriales, por lo que el análisis de calidad incluyó mercurio total y mercurioalquílico además de todos los parámetros de calidad de agua potable aplicados en Nicaragua. Se tomaron las muestras de calidad de agua del Lago de Managua en los puntos indicados en la Figura 1.2.3. En la Tabla 1.2.4 se indican la profundidad de muestreo y los parámetros de análisis, y en la Tabla 1.2.5 se presentan los resultados del análisis. En el Capítulo 5, 5.7, se proporciona un resumen de los resultados de la calidad del agua.

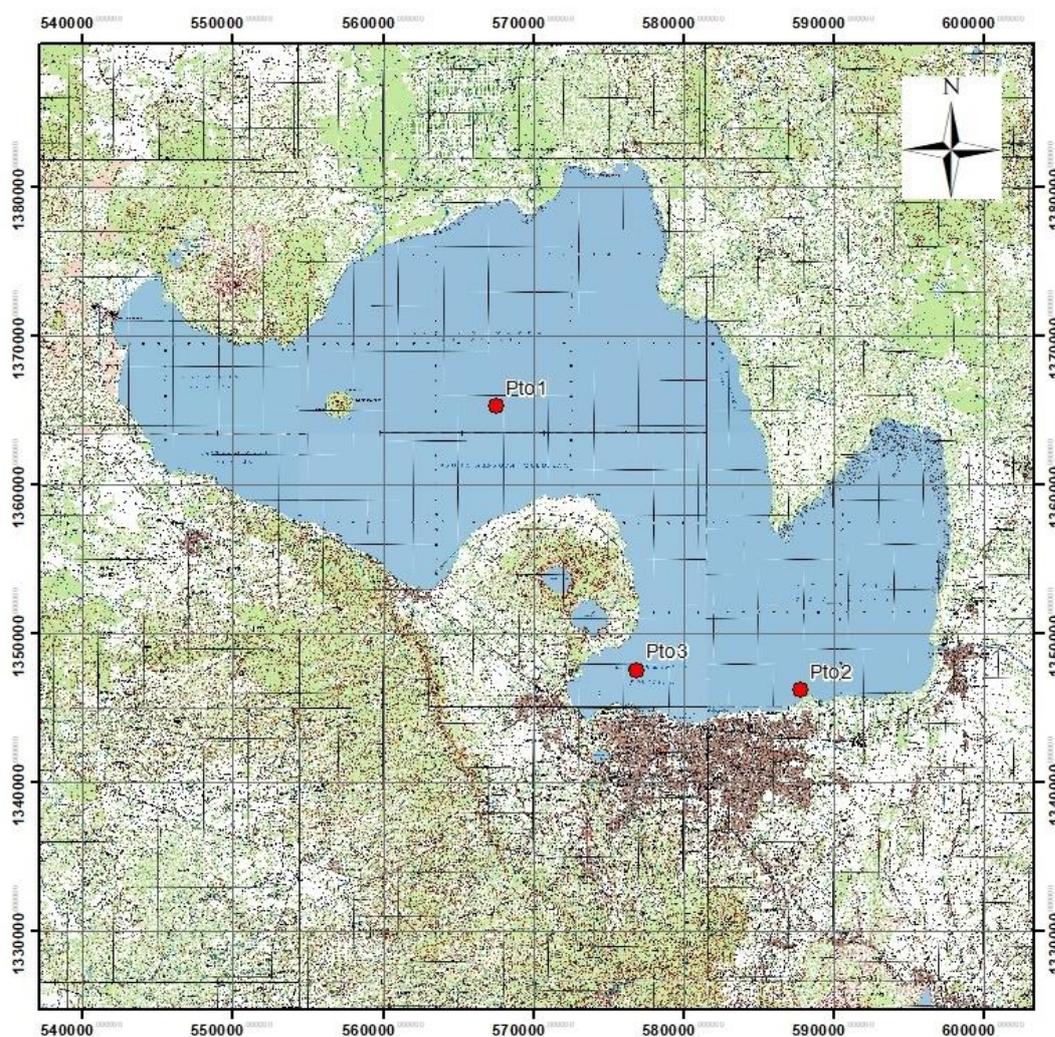


Figura 1.2.3 Puntos de Muestreo de la Calidad de Agua

Tabla 1.2.4 Profundidad de Muestreo y Parámetros del Estudio de Calidad de Agua

Puntos de muestreo	Profundidades de muestreo	Nombre de la muestra	Parámetro
Bahia Norte Frente a Momotombo	Superficie: 0m Medio: 9m Fondo: 16m	Pto 1 (0m) Pto 1 (9m) Pto1 (16m)	<ul style="list-style-type: none"> • Todos los elementos de los estándares de calidad del agua potable de Nicaragua • pH, Oxígeno disuelto, Sólidos Suspendedos, Demanda Química de Oxígeno, Mercurio Total, Alquil Mercurio
Frente a PTAR	Superficie: 0m Medio: 1m Fondo: 2m	Pto 2 (0m) Pto 2 (1m) Pto 2 (2m)	<ul style="list-style-type: none"> • pH, Oxígeno disuelto, Sólidos Suspendedos, Demanda Química de Oxígeno, Mercurio Total, Alquil Mercurio
Frente a descarga Penwalt	Superficie: 0m Medio: 3m Fondo: 5m	Pto 3 (0m) Pto 3 (3m) Pto 3 (5m)	<ul style="list-style-type: none"> • pH, Oxígeno disuelto, Sólidos Suspendedos, Demanda Química de Oxígeno, Mercurio Total, Alquil Mercurio



Muestreo



Muestreo



Medición in situ



Muestreo

Foto 1.2.3 Sitio de Estudio de la calidad de agua del Lago Managua

Tabla 1.2.5 Resultados del Estudio la Calidad de Agua del Lago Managua

Parameter Parametro	Unit Unidad	Limit or range of detection / quantification Limite o rango de detección / cuantificación	Result / Resultado									Maximum admissible values / Valores má ximos admisibles CAPRE	
			Pto 1 Bahia Norte Frente a Monotombo			Pto 2 Frente a PTAR			Pto 3 Frente Descarga de Penwalt				
			0m	9m	16m	0m	1m	2m	0m	3m	5m		
A) Parameter Analysed in Laboratory / Parametros Analisados en Laboratorio													
1	Total Coliforms Coliforme Totales	NMP/100ml	<1.8	3.30E+01	---	---	3.50E+05	---	---	1.30E+02	---	---	Negative / Negativo
2	Fecal coliforms Coliformes Fecales	NMP/100ml	<1.8	<1.8	---	---	3.50E+05	---	---	7.90E+01	---	---	Negative / Negativo
3	pH (25°C)		4.00 - 10.00	8.89	9.00	8.98	8.96	8.98	9.03	9.03	9.01	9.02	Sin referencia
4	Electric Conductivity (25°C) Conductividad Eléctrica (25°C)	µS/cm	100.00-1,413.00	1,661.00	1,657.50	1,660.00	1,652.00	1,669.00	1,679.00	1,669.00	1,670.00	1,664.50	Sin referencia
5	True Color Color Verdadero	mg/l Pt-Co	5.0 - 100.0	20.00	15.00	15.00	---	---	---	---	---	---	15.00 mg/l Pt-Co
6	Turbidity Turbiedad	UNT	0.00 - 999	20.75	16.75	21.35	---	---	---	---	---	---	5.00 UNT
9	Total Dissolved Solids (180°C) Sólidos Disueltos Total (180°C)	mg/l	Up to / hasta 20,000.00	1,020.00	985.00	973.00	---	---	---	---	---	---	1,000.00 mg/l
10	Sodium Sodio	mg/l	10.00 - 1,000.00	301.97	298.24	294.56	---	---	---	---	---	---	200.00 mg/l
11	Potassium Potasio	mg/l	0.10	26.06	25.65	26.48	---	---	---	---	---	---	10.00 mg/l
12	Magnesium Magnesio	mg/l	0.15	23.58	23.09	22.61	---	---	---	---	---	---	50.00 mg/l
13	Calcium (Ca) Calcio	mg/l	0.12	23.81	24.60	25.39	---	---	---	---	---	---	Sin referencia
14	Chlorides Cloruros	mg/l	0.25	199.91	200.05	199.99	---	---	---	---	---	---	250.00 mg/l
15	Nitrate (NO3-) Nitratos	mg/l	0.25	<0.25	<0.25	<0.25	---	---	---	---	---	---	50.00 mg/l
16	Sulfates (SO4) Sulfatos	mg/l	0.25	110.68	109.91	110.20	---	---	---	---	---	---	250.00 mg/l
17	Carbonate Carbonato	mg/l	6.00	61.20	57.60	57.60	---	---	---	---	---	---	Sin referencia
18	Bicarbonate (HCO3-) Bicarbonatos	mg/l	2.25	439.34	445.45	445.45	---	---	---	---	---	---	Sin referencia
19	Total Hardness as CaCO3 Dureza Total como CaCO3	mg/l	0.19	156.42	156.42	156.42	---	---	---	---	---	---	Sin referencia
20	Nitrite (NO2-) Nitritos	mg/l	0.023	<0.023	<0.023	<0.023	---	---	---	---	---	---	0.10 or 3.00 mg/l ^{SE1}
21	Total Iron Hierro Total	mg/l	0.03	1.06	1.16	1.28	---	---	---	---	---	---	0.30 mg/l
22	Fluoride Fluoruro	mg/l	0.25	0.29	0.37	0.43	---	---	---	---	---	---	0.70 - 1.50 mg/l
23	Ammonium (Ammonical Nitrogen) Amonio (Nitrógeno como amonio)	mg/l	0.021	0.027	0.038	0.030	---	---	---	---	---	---	0.50 mg/l as NH ₄
24	Hydrogen Sulfide Sulfuro de Hidrógeno	mg/l	0.04	<0.04	<0.04	<0.04	---	---	---	---	---	---	0.05 mg/l
25	Total Cyanide Cianuro Total	mg/l	0.03	<0.03	<0.03	<0.03	---	---	---	---	---	---	0.05 mg/l
26	Dissolved oxygen (DO) Oxígeno Disuelto (OD)	mg/l	0.20 - 25.00	7.17	7.37	6.87	4.04	4.65	4.95	6.67	7.78	7.58	Sin referencia
27	Total Suspended Solids (SS) Sólidos Totales Suspensos	mg/l	Up to / hasta 20,000.00	58.00	59.00	68.00	91.00	87.00	108.00	70.00	71.00	70.00	Sin referencia
28	Chemical Oxygen Demand (COD) Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	10.00	44.03	38.99	45.95	47.87	51.69	44.03	49.78	49.78	51.69	Sin referencia
29	Ion Balance Balance iónico	%		0.74	1.17	1.60	---	---	---	---	---	---	
30	Total Aluminum Aluminio Total	µg/l	12.00	1,164.00	1,193.00	2,254.00	---	---	---	---	---	---	
31	Total Copper Cobre Total	µg/l	25.00	<25.00	<25.00	<25.00	---	---	---	---	---	---	
32	Total Zinc Zinc Total	µg/l	5.00	11.00	6.00	13.00	---	---	---	---	---	---	
33	Total Manganese Manganeso Total	µg/l	4.00	26.00	26.00	31.00	---	---	---	---	---	---	
34	Total Arsenic Arsénico Total	µg/l	5.00	22.00	22.00	22.00	---	---	---	---	---	---	
35	Total Cadmium Cadmio Total	µg/l	7.00	ND	ND	<7.00	---	---	---	---	---	---	
36	Total Chrome Cromo Total	µg/l	3.00	ND	<3.00	<3.00	---	---	---	---	---	---	
37	Total Nickel Níquel Total	µg/l	5.00	<5.00	ND	<5.00	---	---	---	---	---	---	
38	Total Lead Plomo Total	µg/l	0.20	0.87	ND	ND	---	---	---	---	---	---	
39	Total Antimony Antimonio Total	µg/l	12.00	<12.00	<12.00	<12.00	---	---	---	---	---	---	
40	Total Selenium Selenio Total	µg/l	1.19	<1.19	<1.19	<1.19	---	---	---	---	---	---	
41	Total Mercury Mercurio Total	µg/l	0.07	<0.07	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
42	Alkylmercury Alquil Mercurio	mg/l	0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	
B) Parameter Measured in the Field / Parametros Medidos en el Campo													
1	Temperature Temperatura	°C		29.40	28.90	28.80	29.00	29.10	29.00	29.20	29.00	29.10	
2	pH			8.67	8.62	8.61	8.52	8.55	8.62	8.66	8.71	8.73	
3	Electric Conductivity (25°C) Conductividad Eléctrica (25°C)	µS/cm		1,632.00	1,632.00	1,632.00	1,623.00	1,638.00	1,653.00	1,640.00	1,640.00	1,650.00	
4	Residual Chlorine Cloro Residual	mg/l		0.31	0.31	0.32	0.31	0.36	0.39	0.24	0.38	---	
5	Dissolved oxygen (DO) Oxígeno Disuelto (OD)	mg/l		7.71	6.64	6.63	4.46	4.69	6.80	7.82	7.75	7.67	
6	Oxygen Saturation Saturación de Oxígeno	%		101.30	86.60	86.40	58.10	61.10	88.50	102.10	101.00	100.30	

1.3 Condiciones Socioeconómicas

En este proyecto, la categoría basada en las "Pautas de consideración ambiental y social de JICA (abril de 2010)" se posiciona como "C". Como resultado del levantamiento de campo, no hay ningún cambio en particular y se posiciona como "C".

Además, la ley sobre consideraciones ambientales y sociales en Nicaragua se encuentra bajo el "DECRETO EJECUTIVO N °. 20-2017 (noviembre de 2017)". La ley se refiere a la legislación que regula el sistema de evaluación ambiental para los permisos y licencias para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. Con base en la ley, se juzga que la instalación del reservorio de distribución es "construcción de mediana escala" entre los equipos objetivo, y es necesario preparar un plan de manejo ambiental y/o actualizar el plan de manejo ambiental. El reservorio de distribución existente existe en el sitio previsto para la instalación del reservorio de distribución de este proyecto, y ENACAL está formulando un plan de manejo ambiental para los trabajos de instalación del reservorio de distribución, que también es necesario para este proyecto. el monitoreo se realizaría bajo la responsabilidad de ENACAL.

CAPÍTULO 2 CONTENIDOS DEL PROYECTO

2.1 Descripción del Proyecto

El presente Proyecto consiste en suministrar los equipos que contribuyan a reducir las fugas mediante la gestión adecuada de las tuberías de distribución, y los equipos que contribuyan a mejorar la eficiencia energética y en construir un reservorio distribución prefabricado para lograr el objetivo anterior. Se espera mejorar la eficiencia de transmisión y distribución de agua en la Ciudad de Managua a la par de reducir el costo de operación y mantenimiento de ENACAL, mejorando de esta manera los servicios de agua potable.

El presente Proyecto de Cooperación propone suministrar a ENACAL los siguientes equipos considerados como más urgentes y necesarios, a la par de brindar asistencia técnica (componentes no estructurales) para asegurar de que los equipos suministrados sean operados y mantenidos de manera programada y sostenible. En la Tabla 2.1.1 se presenta la descripción del Proyecto.

Tabla 2.1.1 Descripción del Proyecto

Componentes	Descripción
Suministro de los equipos	Variador (para bombeo de pozo) : 28 lugares
	Reservorio de agua prefabricado (Macrosector Asososca Alta) : 1 lugar
	Bombas de transmisión de agua : 7 unidades
	Válvula de control de caudal : 1 unidad
	Equipos para reparación de fugas : 3 unidades
	Equipos para Taller de electromecánica (equipos de carga y descarga, equipos de mecanizado, equipos eléctricos y vehículos) : 1 lugar
	Equipos para contribuir a las actividades de reducción de ANF (detector de fugas de agua, caudalímetro ultrasónico, barra de perforación, etc.) : 1 juego
Asistencia técnica	Componentes no estructurales - Fortalecimiento de las capacidades de gestión de la distribución de agua en los pozos con variador - Fortalecimiento de capacidades de gestión de operación y mantenimiento de las estaciones de bombas de transmisión

2.2 Diseño Preliminar de la Asistencia Japonesa

2.2.1 Política de Diseño

El presente Proyecto de cooperación consiste en suministrar los equipos y materiales necesarios para la reducción de las fugas de agua y para el mejoramiento de la eficiencia energética en la ciudad de Managua, conforme el plan de acción propuesto en el plan de reducción de ANF en la ciudad de Managua elaborado por la Cooperación Técnica tipo Proyecto de ANF, con el fin de mejorar los servicios de suministro de agua potable, y mejorar el entorno de vida y saneamiento de la población de Managua.

Como política básica, se propone diseñar el suministro de los equipos y planificar los componentes no estructurales para maximizar el impacto del presente Proyecto, con base en el análisis de la solicitud presentada por ENACAL y los resultados del estudio en Nicaragua.

(1) Políticas básicas de la selección del Área del Proyecto

Los equipos candidatos del presente Proyecto son muy variados, y serán instalados en lugares dispersos, por lo que para maximizar el impacto del presente Proyecto, se propone como política básica centralizar la inversión de los equipos específicos en áreas específicas.

Tal como se indica en la Figura 2.2.1, ENACAL divide la ciudad de Managua en cuatro sucursales. De estas cuatro sucursales, Altamira y Asososca son áreas donde se concentran la población y los establecimientos comerciales siendo su consumo de agua entre 1.5 y 2 veces mayor en comparación con otras dos sucursales.

Por otro lado ENACAL está impulsando los proyectos de desarrollo acorde con el plan de acción elaborado en la Cooperación Técnica tipo Proyecto de ANF, con la asistencia del BID, la Unión Europea (UE) y la JICA. En particular, el BID está centrando su asistencia a la sucursal de Altamira impulsando los proyectos de separación hidrológica y de fortalecimiento institucional.

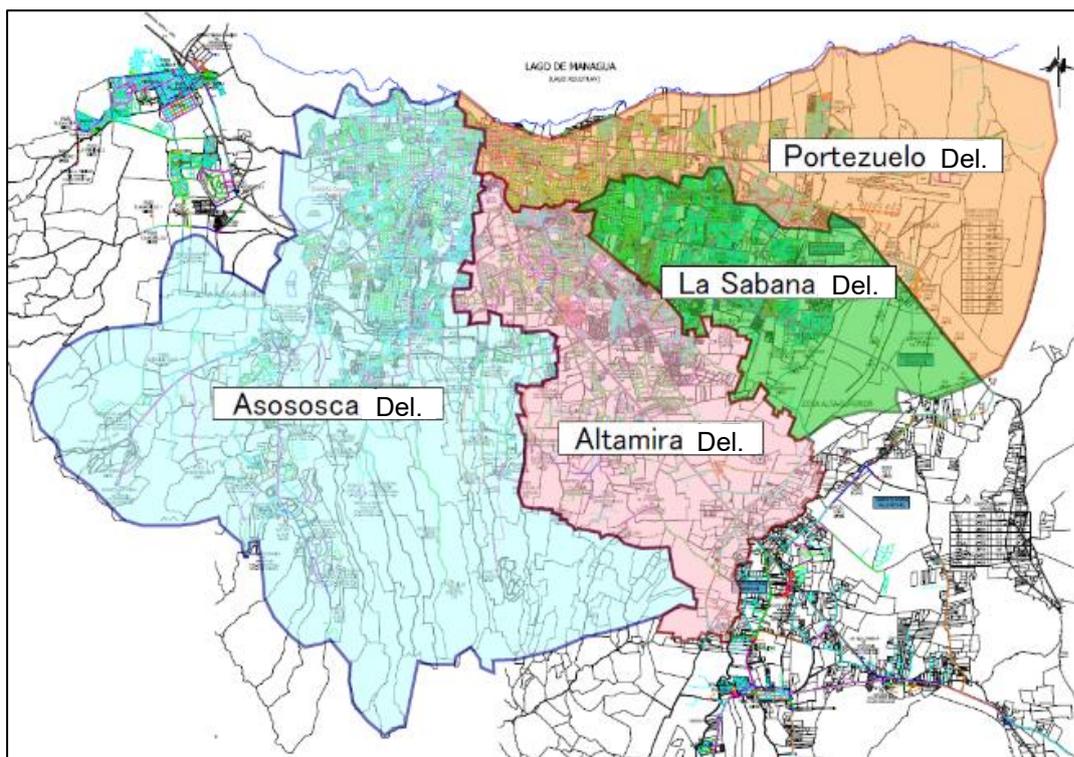


Figura 2.2.1 Área de Servicio de las Sucursales en la Ciudad de Managua

Por lo anterior, se propone centrar la asistencia del presente Proyecto a los acueductos de las sucursales de Altamira y Asososca. En particular, el BID está apoyando el proyecto de desarrollo de la sucursal Altamira con base en el Plan de Acción mencionado, por lo que se

espera lograr un efecto sinérgico en los términos de la reducción de la ANF y en el mejoramiento de los servicios de agua potable de dicha sucursal.

(2) Políticas básicas de la selección de los equipos a ser suministrados

Con el fin de maximizar los resultados relacionados con la reducción de fugas de agua y la eficiencia energética, que son los objetivos de este proyecto, en el primer estudio de campo se examinó la validez de los equipos solicitados inicialmente por ENACAL. Como resultado, se acordó que el equipo que se muestra en la Tabla 3.2.1 será el equipo que se adquirirá para este proyecto.

Tabla 2.2.1 Lista de las Estaciones de Bombeo y de las Bombas de ENACAL en Managua

Desafíos	Medidas	Efectos
Reducción de fugas de agua	Instalar los variadores a las bombas de los pozos	-La instalación del variador permite controlar la revolución de la bomba de elevación, reduciendo la presión de agua en las horas nocturnas cuando se reduce la demanda de agua, y consecuentemente permite reducir las fugas causados por la alta presión.
	Instalar los reservorios	-La instalación de los reservorios permite gestionar adecuadamente la presión de distribución de agua en las áreas servidas por los reservorios correspondientes reduciendo las fugas de agua. -Permite atender la demanda de las horas pico. -Se alargará el tiempo de suministro de agua
	Instalar los equipos de reparación de fugas	-Se reducirán las fugas de agua del puente acueducto existente. -Permite prevenir las fugas de agua.
	Instalar la válvula de control de caudal	-Permite prevenir las fugas de agua debido a la obsolescencia.
	Suministrar los equipos necesarios para a la reducción de ANF	-Permite reducir las fugas de agua mediante las acciones orientadas a la reducción de ANF.
Eficiencia energética	- Instalar los variadores a las bombas de los pozos	-La instalación del variador en los pozos permite controlar la revolución, y por ende, reducir la operación y la distribución de agua más de lo necesario, contribuyendo a la eficiencia energética.
	Renovar las bombas de transmisión de agua	-La renovación de las bombas obsoletas contribuye a mejorar la eficiencia energética.
	Renovar los equipos del taller de electromecánica ¹	-La mejora del nivel de precisión de las reparaciones de las bombas y motores permite utilizar eficientemente los materiales y equipos disponibles.

(a) Instalación de los variadores en las bombas de los pozos

Actualmente existen 182 pozos de agua controlados por ENACAL en la ciudad de Managua, de los cuales 82 pozos están directamente conectados a la red de distribución de agua. Los pozos directamente conectados a la red de distribución son operados las 24 horas sin el control de caudal o de la presión. Por lo tanto, en las horas nocturnas cuando

¹ Impactos distintos a la eficiencia energética: La renovación de los equipos permite realizar los trabajos hasta ahora tercerizados (alquiler de camión grúa, maquinado de las partes, etc.) en el propio taller de ENACAL, contribuyendo a la reducción de los gastos de operación.

se reduce el consumo de agua se genera una presión excesiva de agua en las tuberías de distribución, lo cual constituye una de las causas de las fugas de agua. En la Figura 2.2.2 se muestra la presión de distribución de agua en la ciudad de Managua según las mediciones realizadas durante el estudio en Nicaragua. Se observa que la presión de agua sube entre las 23:00 y 05:00.

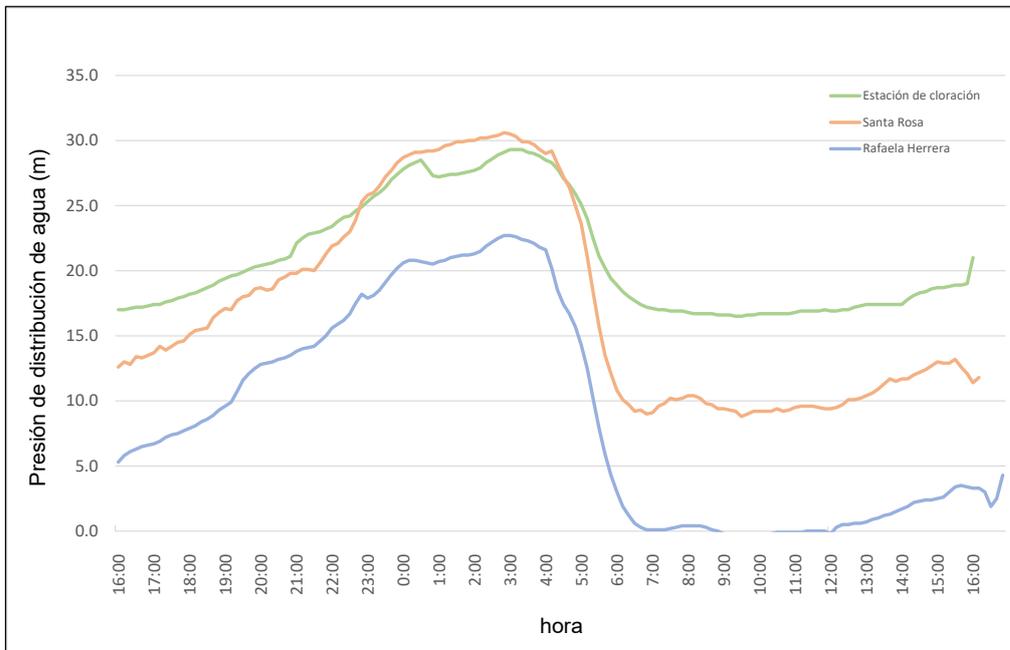


Figura 2.2.2 Resultados del Estudio de Presión de Distribución de Agua

Con el fin de prevenir las fugas causadas por la excesiva presión de agua es indispensable suministrar el agua a una presión apropiada. Por lo tanto, se propone instalar los variadores a las bombas de pozos existentes para controlar la revolución de las bombas mediante la gestión de la presión, lo que permite reducir las fugas debido a la excesiva presión de agua. Adicionalmente, al controlar la revolución de las bombas de elevación se reduce también el consumo de la energía eléctrica, permitiendo reducir los gastos de energía que actualmente constituye una presión para la situación financiera de ENACAL.

Por lo anterior, en el presente Proyecto se propone instalar los variadores en las bombas de los pozos directamente conectados a la red de distribución de la ciudad de Managua, a fin de reducir las fugas mediante la optimización de la presión de agua de distribución a la par de mejorar la eficiencia energética.

(b) Construcción del reservorio

Tal como se indicó anteriormente, existen numerosos pozos de agua directamente conectados a la red de distribución en la ciudad de Managua, y existen algunas áreas que no cuentan con un reservorio de distribución, aunque de contar éste no tenga la capacidad suficiente. Normalmente, un reservorio de distribución además de asegurar la presión de distribución adecuada, sirve para regular el volumen de distribución de acuerdo a la

variación de la demanda a lo largo del día. Asimismo, juega un rol importante en el almacenamiento de agua para los casos de emergencia.

De acuerdo con el estudio en Nicaragua, el agua suministrada al macrosector¹ de Asososca Alta de la sucursal de Asososca, es tomada del Lago Asososca, y es distribuida directamente a la red de distribución desde la estación de bombeo de Asososca. Este Macrosector cuenta con el reservorio Las Pilas, pero actualmente está fuera de uso debido a la falta de capacidad de la bomba de transmisión existente. Por lo tanto, el tiempo de suministro de esta área es de solamente 9 horas al día. Además, tampoco puede atender la demanda en las horas pico.

La construcción de un reservorio de agua prefabricado para este Macrosector permitirá estabilizar la presión de distribución, atender la demanda de las horas pico, a la par de alargar el tiempo de servicio de suministro de agua. Por lo tanto la construcción de este reservorio será incluido en este Proyecto.

(c) Renovación de las bombas de transmisión de agua

Existen 21 estaciones de bombeo dentro de la ciudad de Managua controladas por ENACAL, con un total de 60 bombas de transmisión, incluyendo las bombas no operativas por las fallas mecánicas (Tabla 2.2.2). La mayoría de ellas son de las marcas GOULDS, Worthington y American Marsh. De las bombas operativas existen muchas que datan más de 20 años de haber sido instaladas. Además de la obsolescencia de los equipos, el centraje defectuoso de acoplamiento del eje de la boca de la bomba y la tubería constituye otro problema de las bombas existentes (véase la Foto 2.2.1). Este problema se traduce en la operación inefectiva ya que puede provocar pérdidas de las tuberías, además del incremento del riesgo de las fugas.

¹ Está constituida por varios micros sectores, en los que es posible conocer permanentemente el caudal entrante y el volumen consumido. Se utiliza para conocer la distribución geográfica de la tasa de ANF.

Tabla 2.2.2 Lista de las Estaciones de Bombeo y de las Bombas de ENACAL en Managua

Estación de bombeo	Fabricante	Altura de elevación feet	Fluir (GPM)	Año de instalación	Caballo de fuerza HP	Rotación RPM	Voltaje VOLT
ASOSOSCA ALTO #1	GOULD	150	2400	1998	125	1800	460
ASOSOSCA ALTO #2	GOULD	150	2400	1998	125	1800	460
ASOSOSCA ALTO #3	GOULD	236	3400	2000	300	1785	460
ASOSOSCA ALTO #4	GOULD	150	2400	1998	125	1800	460
ASOSOSCA SUPERIOR #1	GOULD	285	1400	2001	250	1785	460
ASOSOSCA SUPERIOR #2	GOULD	285	1400	1998	250	1785	460
ASOSOSCA SUPERIOR #3	GOULD	285	3200	1998	450	1785	460
ALTAMIRA # 1	WORTHINGTON	280	2200	1998	150	1800	460
ALTAMIRA # 2	WORTHINGTON	262	3400	1998	250	1786	460
ALTAMIRA # 4	WORTHINGTON			2002			
ALTAMIRA # 5	WORTHINGTON	300	3200	2002	350	1785	460
KM 8 CARRETERA A MASAYA #1	GOULD	285	1400	2001	250	1800	460
KM 8 CARRETERA A MASAYA #2	AMERICAN	400	2000	2001	-	1760	460
KM 8 CARRETERA A MASAYA #3	GOULD	106m	34m ³ /h		160 KW	1786	460
SAN JUDAS #1	AMERICAN	350	510		100	3500	460
SAN JUDAS #2	GOULDS	350	1000		150	3500	460
SAN JUDAS #3	GOULDS	350	1000		150	3500	460
KM 18 CARRETERA A MASAYA #1	GOULD	270	1500		360	1800	460
KM 18 CARRETERA A MASAYA #2	JACUZZY	270	800		75	1800	460
KM 9.5 CARRETERA SUR # 1	GOULDS	285	1400	1998	250kW	1800	460
KM 9.5 CARRETERA SUR # 2	GOULDS	350	1000	2001	125kW	3500	460
KM 9.5 CARRETERA SUR # 3	GOULDS	350	1000	2001	125kW	3500	460
KM 8.5 CARRETERA SUR # 1	WORTHINGTON	167	1100	1997	75	1785	460
KM 8.5 CARRETERA SUR # 2	GOULDS	167	1000	1997	75	3500	460
KM 8.5 CARRETERA SUR # 3	GOULDS	167	1000	1997	75	3500	460
11.5 CARRETERA SUR #1	WORTHINGTON	360	300		75	3500	460
11.5 CARRETERA SUR #2	GOULD	360	600		90	3500	460
11.5 CARRETERA SUR #3	CENTURY	360	400		75	3500	460
KM 13.5 CARRETERA SUR #1	WORTHINGTON	150	150		20	3500	460
KM 13.5 CARRETERA SUR #2	WORTHINGTON	150	150		20	3500	460
KM 13.5 CARRETERA SUR #3	GOULD	200	230		30	3500	460
KM 14.5 CARRETERA SUR # 1	GOULD	260	250		60	3500	460
KM 14.5 CARRETERA SUR # 2	GOULD	260	800		60	3500	460
UNAN #1	GOULD	200	230		25	3500	230/460
UNAN #2	GOULD	200	200		25	3500	230/460
CLORINACION #1	U.S	150	150		7.5	3500	460
CLORINACION #2	WORTHINGTON	150	150		7.5	3500	460
TORRE MOLINA #1	GOULDS	280	350		50	3500	460
TORRE MOLINA #2	GOULDS	300	300		50	3500	460
POCHOCUAPE #1	GOULDS	275	150		25	3500	460
POCHOCUAPE #2	GOULDS	275	150		25	3500	460
SILVIA FERRUFINO #1	GOULDS	210	220		30	3500	460
SILVIA FERRUFINO #2	GOULDS	210	200		25	3500	460
KM 14.5 CARRETERA A MASAYA #1	GOULDS	385	1400		250	1800	460
KM 14.5 CARRETERA A MASAYA #2	AMERICAN MARCH	350	510		75	3500	460
KM 14.5 CARRETERA A MASAYA #3	GRUNFOS	340 M	106M		160 KW	1800	460
KM 14.5 CARRETERA A MASAYA #4	WORTHINGTON	341 M	106M		161 KW	1800	460
MIRADOR #1	GRUNFOS	360	900		90 KW	3500	460
MIRADOR #2	WORTHINGTON						
MIRADOR #3	GRUNFOS	360	900		90 KW	3500	460
RAFAELA HERRERA #1	WORTHINGTON	260	3150		300	1800	460
RAFAELA HERRERA #2	WORTHINGTON	260	3150		450	1800	460
RAFAELA HERRERA #3	WORTHINGTON	260	3150		300	1800	460
RAFAELA HERRERA #4	WORTHINGTON	260	3150		350	1800	460
MIGUEL BONILLA #1	DEMING	140	150		18 KW	3500	230/460
MIGUEL BONILLA #2	DEMING	140	150		7.5	3500	230/460
VILLA PANAMA #1	GOULD	230	500		75	3500	460
VILLA PANAMA #2	AMERICAN	350	510		100	3500	460
SERRANIA #1	AMERICAN	430	200		40	3500	230/460
SERRANIA #2	AMERICAN	430	200		40	3501	230/461



Foto 2.2.1 Centraje Defectuoso de las Bombas Existentes

En cuanto a la reparación de las bombas, las que presentan fallas graves son abandonadas, y algunas partes fundidas son reutilizadas en otras bombas. Las fallas leves son reparadas en el taller de electromecánica, pero con poca expectativa de recuperar su pleno rendimiento. Los motores quemados debido a la pérdida de aislamiento, son reparados mediante rebobinado manual y aplicación de aislamiento epóxico en el taller de electromecánica. Sin embargo, la calidad de reparación no es muy alta debido a la falta de los equipos en el taller, tanto es así que los motores vuelven a quemarse. Por lo anterior, se estima que la eficiencia total de muchos de los motores y de las bombas existentes se ha reducido.

Por lo anterior, se considera que la renovación de las bombas y los motores obsoletos así como la renovación de las tuberías con centraje defectuoso mediante el presente Proyecto, contribuirá a la mejora de la eficiencia energética.

(d) Instalación de la válvula de control de caudal

Desde el reservorio Santo Domingo construido en el marco del Proyecto de Managua I de la Cooperación Financiera No Reembolsable del Japón, se conduce el agua mediante gravedad a los diferentes reservorios (Reparto Shick, Km 8 Carretera Masaya, UNAN, San Judas y Altamira). Estas instalaciones presentan un avanzado grado de obsolescencia ya que fueron construidas hace más de 20 años. En particular en los puntos de entrada de cada reservorio de distribución presentan fugas de agua debido a las fallas de las válvulas como consecuencia de la obsolescencia, y al importante cambio de las condiciones de operación en términos del volumen de transmisión de diseño inicialmente trazado a causa del desarrollo de las zonas aledañas. Como resultado del estudio en campo, se detectó que es urgente reparar las graves fugas de agua en las válvulas instaladas a la entrada de los reservorios de Altamira y de Km 8 Carretera Masaya, por lo que fue ejecutada la obra de renovación urgente de las válvulas y tuberías con los recursos propios de ENACAL.

Del mismo modo, las válvulas instaladas a la entrada de otros tres reservorios presentan un avanzado grado de obsolescencia, siendo necesario renovar las desde el punto de vista

de la prevención de fugas. El estudio de campo puso de manifiesto que se proyecta separar hacia el futuro los reservorios Reparto Shick y UNAN del actual sistema de conducción Managua I. Por lo tanto en el presente proyecto, se propone renovar las válvulas a la entrada del reservorio San Judas. Además, al cambiar de la válvula de mariposa existente a una válvula de control de caudal vinculada al nivel del agua del depósito de distribución, es posible reducir el desbordamiento de agua (ANF) del depósito de distribución.

(e) Instalación de los equipos de reparación de fugas

El Proyecto de Mejoramiento del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Ciudad de Managua (1994-1997) (en lo sucesivo referido como "Managua I") en el marco de la Cooperación Financiera No Reembolsable consistió en la construcción de 14 pozos de Managua I como nueva fuente de agua para atender la creciente demanda de agua en la Ciudad de Managua, construcción de la estación de bombeo y del reservorio de distribución Santo Domingo, ampliación de los reservorios Reparto Shick y San Judas, así como el tendido de tuberías de conducción que conectan con cada reservorio de distribución. Transcurrieron más de 20 años desde que han sido construidas estas instalaciones y debido a que el mantenimiento ha sido insuficiente hasta ahora, se producen fugas en el puente acueducto ubicado sobre la ruta de conducción entre el campo de pozos Managua I hasta el reservorio Santo Domingo (véase las Foto 2.2.2).



Foto 2.2.2 Fugas en el Puente Acueducto

ENACAL ha suspendido la conducción por tiempo limitado en agosto de 2020 para reparar las juntas deterioradas desde donde filtraba el agua mediante soldadura. Gracias a esta obra de reparación, el volumen de fuga se redujo de 28.8 m³/día (2018) a 1.2 m³/día (2021). Sin embargo, la reparación ha sido solo de emergencia para reducir temporalmente las fugas, sin llegar a ser una solución cabal.

La reparación adecuada de esta línea de conducción constituye una tarea urgente por ser la línea principal que conduce el agua al centro de la Ciudad de Managua. Asimismo, por la misma razón de ser la línea principal, no es posible ejecutar una obra de reparación que implique cortar el suministro de agua por largas horas, habiendo necesidad de buscar una

solución que no implique el corte de agua. La tecnología de reparación de fugas sin el corte de agua constituye una fortaleza de Japón, y se considera necesario ejecutar el presente Proyecto aplicando la tecnología japonesa.

(f) Renovación del taller de electromecánica

ENACAL tiene en la Ciudad de Managua un taller para reparar e inspeccionar los medidores de agua, así como un taller de electromecánica para reparar las bombas, paneles de control, etc. y realiza en lo posible la reparación de los medidores de agua, caudalímetros, bombas, paneles de control, etc.

El taller de electromecánica realiza la reparación y el mantenimiento completo de las bombas y motores, atendiendo aprox. 70 unidades al año. Adicionalmente, repara los paneles eléctricos, realiza el maquinado de las tuberías, prepara los vehículos, y en general asume el mantenimiento de todas las instalaciones y equipos de ENACAL. El taller tiene un pozo de ensayo para probar las bombas sumergibles. Aquí se realiza la evaluación de las bombas sometidas al mantenimiento completo o a la reparación, midiendo el caudal, la presión y otros datos eléctricos de las bombas.

A continuación, se entrega un resumen de la situación actual y los desafíos del taller de electromecánica.

Tabla 2.2.3 Situación Actual y Desafíos del Taller de Electromecánica

Ítems	Situación actual	Desafíos
Descripción de las instalaciones	<p>[Problema: Necesidad de ordenar el flujo de circulación interna de los equipos y materiales]</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las instalaciones datan de más de 50 años, y el edificio es una estructura sencilla hecha de barras de acero rectangular de 19 cm, sin paredes, abierto al exterior. - Tiene un área de 1300 m², de los cuales 750 m² son espacios de trabajo. En un rincón está el pozo de prueba de las bombas sumergibles y las instalaciones eléctricas relacionadas (véase la figura). - El interior está muy desordenado, con inadecuada zonificación y flujo de circulación de los materiales trabajados, muestras, partes de reparación, etc. (véase la Fotografía). 	<ul style="list-style-type: none"> - Suministrar los equipos para el manejo y transporte de carga, tomando en cuenta la necesidad de mover frecuentemente los equipos y materiales dentro del taller. - Clasificación y organización dentro del taller, clara zonificación de las áreas de trabajo, y disposición de espacios de trabajo para mejorar la eficiencia.
Equipos disponibles	<p>[Problema: Reducción de la eficiencia de trabajo y limitación de los trabajos realizables debido a la obsolescencia de los equipos]</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las principales instalaciones, las máquinas de herramienta disponibles y las herramientas eléctricas son: pozo de prueba de la bomba sumergible, panel de recopilación de datos electrónicos, dos tornos para el maquinado de materiales largos, fresadora, taladradora, esmeril eléctrico de banco, equipos de soldadura, etc. - La mayoría de las máquinas herramienta son obsoletas, algunas están inoperativas, y las que están operativas también presentan problemas del nivel de precisión de trabajo. - Muchas de las máquinas-herramienta son de la antigua Unión Soviética, y la mayoría ya ha sido suspendida su producción lo que hace más difícil dar el mantenimiento adecuado. - El torno, fresadora, etc. solo permiten realizar algunos trabajos debido a la obsolescencia, y es difícil fabricar 	<ul style="list-style-type: none"> - Renovación de los equipos existentes. - Reducción de los trabajos tercerizados. - Mantenimiento cabal de los equipos existentes. - Inventario de los equipos existentes.

Ítems	Situación actual	Desafíos
	nuevas partes o realizar el maquinado. - Dada la dificultad de realizar el maquinado complejo y preciso, algunos trabajos son tercerizados.	
Organización / personal	[Problema: Subutilización del potencial] - Trabajan en el taller aproximadamente 90 personas, entre los técnicos mecánicos electricistas y auxiliares. - El taller también sirve de centro de entrenamiento de los técnicos, realizando oportunamente los cursos de capacitación interna.	- El personal está constituido por técnicos de diferentes áreas, por lo que se propone suministrar las máquinas herramienta, y herramientas acorde con la planta del personal. - Se analizarán los tipos y la cantidad de los equipos a ser suministrados también desde el punto de vista de la capacitación.
Actividades	[Problema: Revisión de los métodos de trabajo y dotación adecuada de los equipos necesarios] - El rebobinado del motor, mantenimiento completo y calibración de las bombas sumergibles son las principales actividades. - Equipo de rebobinado manual y el secado de la resina utilizando un sistema sencillo compuesto por dos lámparas con una cubierta rectangular de 1 m.	- Suministro de las máquinas herramienta, medidores y herramientas para mejorar la capacidad de reparación y mantenimiento completo de los equipos.

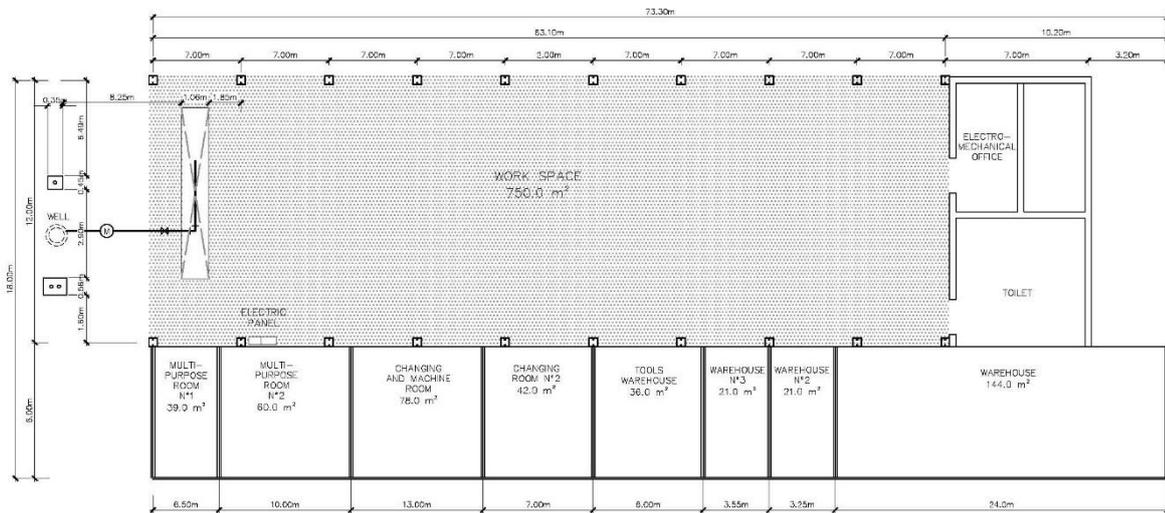


Figura 2.2.3 Planta del taller de electromecánica



Foto 2.2.3 Taller de Electromecánica

El taller no puede realizar las reparaciones necesarias debido a la obsolescencia y la falta de precisión de los equipos disponibles, y el costo de la tercerización de los trabajos que no pueden ser atendidos en el taller eleva el costo de operación del taller. El uso de las bombas reparadas en el taller sin haber conseguido la precisión necesaria, aumenta la frecuencia de las fallas mecánicas constituyendo un círculo vicioso. La renovación y el suministro de nuevos equipos al taller permitirá mejorar el nivel de precisión de los trabajos de reparación, y el uso eficiente de los equipos y materiales de ENACAL, contribuyendo de esta manera a mejorar la eficiencia de la transmisión y distribución de agua, y la situación financiera de ENACAL.

(g) Equipos que contribuyen a la reducción de ANF

ENACAL propone replicar las acciones de reducción de ANF iniciado en la Cooperación Técnica tipo Proyecto de ANF en todo el país. Esta acción consiste en la transferencia tecnológica tipo cascada; es decir el personal del Departamento de ANF Física de la sede central de ENACAL transfiere las tecnologías aprendidas a los empleados de las sucursales regionales. En el año 2020 cuando se finalizó la Cooperación Técnica tipo Proyecto de ANF, se realizó la transferencia tecnológica al personal de la sucursal Granada, en la cercanía de la ciudad de Managua. En el año 2021 se repetirá esta modalidad de transferencia tecnológica en la reducción ANF en las sucursales Jinotega, Jalapa, y Matagalpa. Se seleccionaron las sucursales de la región norte del país por su avanzado nivel de macrosectorización y microsectorización. Sin embargo, la transferencia tecnológica por el Departamento de ANF Física de ENACAL se realiza paralelamente con

las actividades de reducción de ANF en la ciudad de Managua que está llevando a cabo el Departamento de ANF de la sede central, y los equipos existentes no alcanzan cubrir toda la necesidad, poniendo en riesgo la implementación de las medidas de reducción ANF en la ciudad. Es decir, se requiere reforzar el parque de los equipos para la reducción de ANF. Por lo tanto, se propone suministrar a través del presente Proyecto los equipos destinados a la reducción de ANF, y de esta manera impulsar las acciones de ENACAL en todo el país y en toda la ciudad de Managua para reducir sustancialmente el ANF.

(3) Políticas básicas sobre el mercado

El presente Proyecto incluye el suministro de múltiples equipos y la ejecución de varias obras complementarias como son: los equipos relacionados con el reservorio de agua prefabricado, y sus obras de ingeniería y de instalación; equipos relacionados con las bombas de transmisión, variadores, etc. y sus obras arquitectónicas (construcción de las salas de operación de variadores); suministro de los equipos y vehículos para el taller de electromecánica; equipos que contribuyen a la reducción del ANF, entre otros. Por lo tanto, se contempla contratar una empresa comercial japonesa para la adquisición considerando la amplia gama de los equipos por suministrar. Lo ideal sería que ésta tenga suficientes experiencias en operaciones similares, considerando la necesidad de ejecutar las obras complementarias.

Los equipos, como regla general, serán comprados en Japón o en Nicaragua. En cuanto al origen de los productos, se admite también aquellos fabricados y ensamblados en terceros países, con tal de que satisfagan las especificaciones y la calidad requeridas.

(4) Políticas básicas sobre la contratación de los servicios locales

Para las obras complementarias y de instalación del presente Proyecto se propone contratar los servicios locales. La mayoría de las obras de ingeniería, arquitectónicas y de instalación del presente Proyecto puede ser ejecutada contratando las empresas y la mano de obra locales. Mientras tanto, dada la dificultad de utilizar la mano de obra para los trabajos de soldadura del reservorio de acero inoxidable desarrollado con la tecnología japonesa, se propone enviar el personal ingeniero capacitado del Japón o de un tercer país. En cuanto a la instalación de algunos equipos como, por ejemplo, las bombas de transmisión, variadores, equipos de reparación de fugas, taller de electromecánica, etc. se propone enviar el personal ingeniero japonés del fabricante.

(5) Políticas básicas sobre las condiciones del medio ambiente natural

Todo el territorio nicaragüense pertenece a la zona de clima tropical con una temperatura media mínima anual de 22 °C, y la temperatura media máxima anual de 32 °C, siendo un clima templado en todo el año. Los meses entre mayo y octubre corresponden a la época de lluvias donde se concentra más del 90 % de la precipitación anual. Dado que el presente

Proyecto incluye las obras de hormigón y de soldadura, así como la reparación de las fugas del puente acueducto cruzando el río, se propone diseñar el plan de obras de instalación que incluyan las medidas contra lluvias.

(6) Políticas básicas sobre la operación, mantenimiento y gestión

No es necesario ampliar la planta del personal por el suministro de equipos del presente Proyecto, ya que estos serán equipos de renovación. Por lo tanto, la operación y mantenimiento de las instalaciones y equipos del presente Proyecto serán asumidos por el mismo personal de la Gerencia de Operaciones, Departamento de Electromecánica, y del Departamento de ANF Física de ENACAL Managua.

Para la selección de los equipos por suministrar, la política básica consiste en suministrar los equipos que puedan ser operados y mantenidos por el personal existente, sin necesidad de modificar el actual sistema de operación y mantenimiento, tomando en cuenta la necesidad de comprar los consumibles, la disponibilidad de los repuestos, la respuesta de reparación de las fallas mecánicas, etc.

(7) Políticas básicas sobre los componentes no estructurales

El uso efectivo de los equipos suministrados por el presente Proyecto y la ejecución adecuada de la gestión de la distribución de agua contribuirán a mejorar los servicios de suministro de agua de ENACAL que es el objetivo del presente Proyecto. Para ello, es necesario no solo suministrar los equipos, sino también elaborar el plan de distribución adecuada de agua incorporando mejoras al sistema de planificación actual. Al analizar la necesidad de incluir los componentes no estructurales para algunos de los siete grupos de equipos por ser suministrados en el presente Proyecto, se decidió incluir como componente no estructural la asistencia al fortalecimiento de las capacidades de gestión de distribución de agua en los pozos con variadores, así como la asistencia al fortalecimiento de las capacidades de operación y mantenimiento de las estaciones de bombeo de transmisión. Se definirá como el objetivo del componente no estructural "que ENACAL gestione adecuadamente la distribución de agua y utilice efectivamente los equipos disponibles a fin de prestar servicios de agua potable de manera eficiente y efectiva."

➤ **Fortalecimiento de las capacidades de variadores para la gestión de distribución de agua:**

El volumen de agua distribuida de las bombas de los pozos es calculado en función de la capacidad inicial de la bomba y el tiempo de operación. Puede haber gran diferencia entre el valor estimado y el volumen real de distribución dependiendo del rendimiento de la bomba. Debido a que actualmente no se mide ni monitorea la presión de agua en las áreas servidas, ENACAL prácticamente no está gestionando la presión de distribución.

El presente Proyecto tiene por objetivo optimizar la presión de agua mediante la instalación

de variadores y de esta manera controlar la revolución de las bombas. Sin embargo dado que actualmente el personal no tiene experiencia en la medición en el monitoreo de la presión de agua distribuida, es necesario transferir la tecnología encaminada a la operación y mantenimiento adecuado de las instalaciones. Por lo tanto, en el componente no estructural del presente Proyecto se transferirán las tecnologías de monitoreo del caudal y de la presión de agua distribuida para reflejar los datos recopilados en la planificación de la distribución de agua y, de esta manera, lograr el máximo impacto del presente Proyecto.

Asimismo, para que los variadores instalados sean utilizados de manera continua es necesario que ENACAL sea capaz de atender las posibles fallas mecánicas y otros problemas, por lo que se incluirá en el presente Proyecto el componente no estructural para transferir las tecnologías de inspección, mantenimiento y reparación de los variadores a los técnicos del taller de electromecánica que se encargan de reparar los equipos y materiales de ENACAL.

➤ **Fortalecimiento de las capacidades de operación y mantenimiento de las bombas de transmisión:**

Actualmente, no se realiza la inspección ni mantenimiento periódico de las bombas de transmisión, y solo son reparadas cuando presentan fallas mecánicas. Tampoco se miden ni se toman los datos necesarios para el mantenimiento tales como el caudal, presión de agua, voltaje, corriente, energía eléctrica consumida, etc. Por esta razón, se produce la pérdida de eficiencia de las bombas debido a que no se controlan el rango de operación o el volumen de descarga. Con el fin de alargar la vida útil de las bombas suministradas, el Proyecto propone capacitar al personal local en las técnicas de inspección y mantenimiento de las bombas, para que el personal comprenda y practique los métodos de operación y mantenimiento adecuado de las bombas de transmisión y de esta manera garantizar la sostenibilidad de los equipos suministrados.

Si bien es cierto que la capacitación en los métodos de inspección y de mantenimiento se dirige principalmente a los operadores de las bombas de transmisión, el componente no estructural se dirige también a los técnicos del taller de electromecánica a quienes se impartirán los métodos de inspección, mantenimiento y reparación.

2.2.2 Plan Básico

2.2.2.1 Instalación de Variadores a las Bombas de los Pozos

(1) Selección de los pozos objeto del Proyecto

ENACAL gestiona un total de 182 estaciones de bombeo de pozos construidas en la Ciudad de Managua. Estas estaciones operan las 24 horas continuas sin el control de caudal ni de presión, tanto es así que el volumen distribuido, particularmente en las horas nocturnas, supera la demanda. Por lo tanto, se requiere optimizar la presión de distribución y reducir el consumo de energía eléctrica mediante la revisión de la operación de las bombas de pozos.

De las 182 estaciones de bombeo de los pozos gestionadas por ENACAL, se seleccionaron las estaciones que distribuyen el agua directamente a la red de distribución, para tomar los datos de la capacidad de las bombas de elevación (Hp), caudal de toma (m³/h) y el número de beneficiarios (habitantes). Luego, se evaluaron estos resultados mediante puntuación del 1 al 10 para determinar el orden de prioridad. De esta manera, se seleccionaron los 34 pozos más prioritarios y se realizó el estudio en campo y la revisión del su respectivo plan de operación (véase la Tabla 2.2.4). Como consecuencia, se identificó que una de las 34 estaciones ya cuenta con el variador instalado (No. 10) en el marco de un proyecto piloto de ENACAL, y cinco serán rehabilitadas por el BID (No.6, 20, 22, 27 y 34). Por lo tanto, se seleccionaron 28 estaciones de bombeo excluyendo estas seis.

Tabla 2.2.4 Pozos Objeto de la Instalación de Variadores

No.	ID	Estaciones de bombeo	Capacidad de bombeo		Caudal de bombeo		Beneficiarios		Calificación general ①+②+③	Observaciones
			Hp	Calificación	m ³ /h	Calificación	mero de habitan	Calificación		
1	ID 00072	Bello Horizonte	150	8	260.5	9	4,704	10	27	
2	ID 00087	Rafaela Herrera	150	8	263.4	9	4,222	9	26	
3	ID 00159	Buenos Aires	150	8	197.4	7	4,357	9	24	
4	ID 00083	Monseñor Lezcano	125	7	229.9	8	3,833	8	23	
5	ID 00091	Mercado Oriental	125	7	225.1	8	2,771	6	21	
6	ID 00079	Shell Metrocentro	125	7	181.3	7	2,787	6	20	BID
7	ID 00158	Santa Rosa (B.Horizonte #2)	150	8	166.3	6	2,969	6	20	
8	ID 00025	Bertha Calderón	150	8	163.6	6	2,612	6	20	
9	ID 00176	Portezuelo N° 02	125	7	122.4	5	3,137	7	19	
10	ID 00084	Las Brisas	125	7	205.6	7	2,065	5	19	Estación instalada en caso de 2019
11	ID 00090	Olof Palme	125	7	172.5	6	2,833	6	19	
12	ID 00026	Veléz Patz	150	8	146.5	5	2,744	6	19	
13	ID 00034	30 de Mayo #2	175	9	157.7	6	1,567	4	19	
14	ID 00041	M.T.I.	100	5	172.4	6	3,312	7	18	
15	ID 00089	San Antonio	100	5	202.0	7	2,573	6	18	
16	ID 00088	Tenderi	125	7	148.6	5	2,659	6	18	
17	ID 00082	Julio Martínez	150	8	134.2	5	2,494	5	18	
18	ID 00175	Portezuelo N° 01	100	5	171.6	6	2,787	6	17	
19	ID 00074	Parque Las Madres	100	5	153.3	6	2,787	6	17	
20	ID 00166	Jorge Dimitrov	100	5	155.2	6	2,527	6	17	BID
21	ID 00085	Los Gauchos	125	7	137.4	5	2,230	5	17	
22	ID 00169	La Luz	125	7	137.1	5	2,177	5	17	BID
23	ID 00066	Loma Linda (Sierra Maestra)	200	10	63.1	3	1,692	4	17	
24	ID 00023	Hospital del niño	125	7	117.7	4	2,144	5	16	
25	ID 00120	La Merced	150	8	127.8	5	1,220	3	16	
26	ID 00035	San Antonio Sur	150	8	107.0	4	1,979	4	16	
27	ID 00022	Rpto. Schick N° 4	175	9	60.5	2	2,091	5	16	BID
28	ID 00042	Bosques de San Isidro	200	10	86.5	3	1,049	3	16	
29	ID 00099	Serranía	200	10	56.4	2	1,682	4	16	
30	ID 00164	Donatello	125	7	82.0	3	2,002	5	15	
31	ID 00174	Milagro de Dios	125	7	69.3	3	2,002	5	15	
32	ID 00161	Camilo Ortega #2	175	9	80.1	3	1,392	3	15	
33	ID 00180	Ticomo Sur	175	9	64.3	3	1,385	3	15	
34	ID 00024	Manolo Morales	100	5	104.2	4	1,834	4	13	BID

Valor Hp	Calificación
0-20	1
21-40	2
41-60	3
61-80	4
81-100	5
101-120	6
121-140	7
141-160	8
161-180	9
181-200	10

Valor m ³ /h	Calificación
0-30	1
31-60	2
61-90	3
91-120	4
121-150	5
151-180	6
181-210	7
211-240	8
241-270	9
271-300	10

Beneficiarios	Calificación
0-500	1
501-1000	2
1001-1500	3
1501-2000	4
2001-2500	5
2501-3000	6
3001-3500	7
3501-4000	8
4001-4500	9
4501-5000	10

Fuente: Preparada por el Equipo de Estudio con base en la información proporcionada por la Gerencia de Operaciones de ENACAL

(2) Sobre la relevancia de instalar los variadores

(a) Calidad de energía de las estaciones de bombeo y el entorno de instalación de los variadores

Para lograr una operación estable de los variadores, se requiere satisfacer las siguientes condiciones relacionadas con la calidad de las fuentes de alimentación y con el entorno. Por lo tanto, se realizaron las mediciones necesarias en las dos estaciones de bombeo de pozos más prioritarias. En la Tabla 2.2.5 se presentan los resultados de la medición con el analizador de la calidad de energía.

Tabla 2.2.5 Resultados de Medición de la Calidad de Fuentes de Energía

Parámetros	Tolerancia	Estaciones de bombeo y fechas de medición	
		Bello Horizonte 2021/05/20 9:15:00 ~ 24H	Rafaela Ferrera 2021/05/21 10:12:00 ~ 24H
Voltaje de la corriente alterna Fluctuación permisible	323V~528V* ¹	U12:452.06V~468.09V U23:452.55V~469.41V U31:454.94V~470.60V	U12:450.90V~469.32V U23:449.89V~469.06V U31:451.37V~469.12V
Frecuencia Fluctuación permisible	±5%* ¹	-0.11~+0.11%	-0.25%~+0.14%
Porcentaje de desbalance de voltaje	30% o menos ※2	Fase cero: 0.00%~0.00% Fase inversa: 0.23% ~ 0.60%	Fase cero: 0.00%~0.64% Fase inversa: 0.01% ~ 0.29%
Secuencia de fase	Rotación positiva	Rotación positiva	Rotación positiva
Temperatura ambiental	-20°C~+50°C* ¹	Dentro de la sala de operación: 31.6°C Dentro del panel existente: 35.5°C	Dentro de la sala de operación: 34.2°C Dentro del panel existente: 32.9°C

*1 Información referencial: Catálogo del variador universal de Mitsubishi FREQROL-F700P

*2 Información referencial: Reglas de Cableado Interno 1305-1 Control de la Carga Desequilibrada

Se utilizó el analizador de HIOKI (PW3198) para la medición de la calidad de la energía, el detector de secuencia de fase HIOKI (PD3129-10) para la medición de secuencia de fase, y termómetro sin contacto HIOKI (FT3701) para la medición del entorno (temperatura). Los resultados de mediciones mostraron que se puede instalar los variadores a ambas estaciones de bombeo.

(b) Red de transmisión eléctrica y respuesta al corte de electricidad

Para obtener la información sobre la red de distribución eléctrica que alimenta las estaciones de bombeo de pozos, cortes de electricidad y las medidas que se toman en caso de corte de electricidad, se entrevistó al Ing. Ramiro Sánchez Bojorge, encargado del área de energía de ENACAL.

Red de transmisión eléctrica

Las estaciones de bombeo de los pozos están conectados a la red de distribución de nueve subestaciones de la Ciudad de Managua controladas por ENACAL. Otras estaciones que no están conectadas a estas nueve subestaciones, reciben la energía de la empresa Disnorte/Dissul (empresa privada hasta 2020 que pasó a ser estatal actualmente). En cuanto a la capacidad eléctrica de las subestaciones, las pertenecientes a ENACAL representan aprox. 5 % de la capacidad de subestaciones, y menos de 1 % en las estaciones de bombeo de pozos. Asimismo, ENATREL que controla las subestaciones de ENACAL se encuentra actualmente en el proceso de ampliación de la capacidad. En cuanto a la energía suministrada por Disnorte/Dissul, ENACAL supervisa la ocurrencia de la baja tensión y hasta ahora no se ha tenido ningún problema. Por estas razones, se considera

que es alta la disponibilidad de energía para las estaciones de bombeo de pozos.

Frecuencia de los cortes de electricidad y respuesta

De acuerdo con las entrevistas, ocurren cortes de electricidad en las estaciones de bombeo de pozos por causas externas (caída de ramas o el impacto de aves en los cables, corte de cable por vientos fuertes, etc.) con una frecuencia de una vez a la semana, pero no existen registros de operación y mantenimiento. Por otro lado, no han ocurrido cortes de electricidad por causas internas (fallas mecánicas de los equipos eléctricos) en el pasado. Cuando ocurre el corte de electricidad por causas externas en las estaciones de bombeo de pozos, el personal del sitio se comunica con la sala de comando de ENACAL (P3), y ésta solicita a ENATAL reparar la situación. Por lo general, el problema se resuelve en 30 minutos aproximadamente. Por la misma razón de que los cortes de electricidad se restablecen en 30 minutos, las estaciones de bombeo no cuentan con los grupos electrógenos y tampoco estos han sido incluidos en la solicitud de ENACAL. Por otro lado, tampoco existen registros sobre el corte de electricidad por golpe de relámpago. Por lo tanto, se solicitó al Departamento de Mantenimiento de ENACAL tomar los datos sobre el corte de electricidad de las estaciones de bombeo de los pozos durante un mes, desde el 1 al 31 de julio de 2021. Los resultados se resumen en la Tabla 2.2.6.

Tabla 2.2.6 Registro de los Cortes de Electricidad (julio de 2021)

No.	ID	Estaciones de bombeo	Julio de 2021 (Tiempo de corte de electricidad)																															Frecuencia (recorridos)	Total mensual (hrs.)	Promedio mensual (hrs.)	Observaciones			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31							
1	ID_00072	Bello Horizonte													0.45	1.49																			2	2.34	1.17			
2	ID_00087	Rafaela Herrera													0.45	1.49																			2	2.34	1.17			
3	ID_00159	Buenos Aires								0.40					0.49	4.30																			4	6.54	1.43			
4	ID_00083	Monseñor Lezcano				1.39					1.00		2.00													2.00									4	6.39	1.39			
5	ID_00091	Mercado Oriental								0.19															1.00										2	1.19	0.39			
6	ID_00079	Shell Metrocentro								5.00					0.19										1.00										3	6.19	2.06	BID		
7	ID_00158	Santa Rosa (B Horizonte #2)								1.55																									2	8.44	4.22			
8	ID_00025	Bertha Calderón																																	2	2.34	1.17			
9	ID_00176	Puerto N° 02																																	0	-	-			
10	ID_00084	Las Brisas										1.00		2.00												2.00									3	5.00	1.40	Inversor instalado en marzo de 2019		
11	ID_00090	Cifal Palma										0.19													1.00										2	1.19	0.39			
12	ID_00026	Veléz Paiz										3.30		2.00																					3	8.15	2.45			
13	ID_00034	30 de Mayo #2								1.49					0.40	2.45																			6	11.48	1.58			
14	ID_00041	M.T.I.													1.00	2.00										2.00									3	5.00	1.40			
15	ID_00089	San Antonio													1.00	2.00										2.00									3	5.00	1.40			
16	ID_00088	Tenderi													0.19											1.00									2	1.19	0.39			
17	ID_00082	Julio Martínez														0.34																				1	0.34	0.34		
18	ID_00175	Puerto N° 01																																		1	4.34	4.34		
19	ID_00074	Parque Las Madres																								1.00										3	6.19	2.06		
20	ID_00166	Jorge Dimitrov																																		0	-	-	BID	
21	ID_00085	Los Ocauchos																																		4	7.44	1.56		
22	ID_00169	La Luz																								1.00										1	1.00	1.00	BID	
23	ID_00066	Loma Linda (Sierra Maestra)																																		1	1.19	1.19		
24	ID_00023	Hospital del niño																																		2	1.19	0.39		
25	ID_00120	La Mensal																																		0	-	-		
26	ID_00035	San Antonio Sur																																		3	15.00	5.00		
27	ID_00022	Rto. Schick N° 4																																		3	6.19	2.06	BID	
28	ID_00042	Bosques de San Isidro																																		5	11.40	2.20		
29	ID_00099	Serranía																																		3	8.53	2.57		
30	ID_00164	Donatello																																			0	-	-	
31	ID_00174	Milagro de Dios																																			0	-	-	
32	ID_00161	Camilo Ortega #2																																			6	17.02	2.50	
33	ID_00180	Ticomó Sur																																			4	6.10	1.32	
34	ID_00024	Marcos Morales																																			2	4.40	2.20	BID

Fuente: Departamento de Energía de ENACAL

Se ha tenido el caso de una estación de bombeo que se paró debido a más de siete horas de corte de electricidad por golpe de relámpago. En tal caso, el personal de mantenimiento permanece en espera en la estación hasta restablecer el servicio de luz para reiniciar la operación de la bomba. No se ha tenido fallas mecánicas de los equipos eléctricos debido al corte de electricidad ni defectos producidos al restablecer la luz.

(3) Sobre la operación y mantenimiento

En la Tabla 2.2.7 se describen el tipo y el sistema de arranque de las bombas de pozos. Las bombas verticales terrestres son principalmente tipo arranque Auto Trans, mientras que las bombas sumergibles son del tipo arranque suave. Todos los equipos están incorporados en el panel de arranque de bomba, que han sido instalados en menos de diez años, excepto el más viejo Pozo San Antonio (Auto Trans instalado en 1980).

Se ha visto la acumulación de polvos en los paneles de arranque de las bombas, en algunos casos, hasta el daño por quemado debido al contacto de animales menores a las terminales. Se dice que se realiza la limpieza del interior del panel una vez cada medio año. En todo caso se recomienda limpiar más frecuentemente con el fin de prevenir accidentes, debido al cortocircuito por la acumulación de gran cantidad de polvos.

Tabla 2.2.7 Tabla de las Instalaciones de Bombeo Existentes

No.	ID	Estaciones de bombeo	Modelo del motor existente		Sistema de arranque del motor existente				Arrancador Año de instalación	Observaciones
			Terrestre	Sumergible	Arrancador suave	Auto Trans	Directo	Otros		
1	ID_00072	Bello Horizonte	✓			✓			2015	
2	ID_00087	Rafaela Herrera		✓		✓			2018	
3	ID_00159	Buenos Aires	✓		✓				2011	
4	ID_00083	Monseñor Lezcano	✓			✓			2016	
5	ID_00091	Mercado Oriental	✓			✓			2016	
6	ID_00079	Shell Metrocentro	✓			✓			2006	BID
7	ID_00158	Santa Rosa (B.Horizonte #2)		✓	✓				2014	
8	ID_00025	Bertha Calderón		✓	✓				2016	
9	ID_00176	Portezuelo N° 02	✓			✓			2016	
10	ID_00084	Las Brisas	✓					INV	2019	Instalado en marzo 2019
11	ID_00090	Olof Palme	✓			✓			2011	
12	ID_00026	Veléz Paiz		✓	✓				2011	
13	ID_00034	30 de Mayo #2		✓	✓				2019	
14	ID_00041	M.T.I.	✓		✓				2015	
15	ID_00089	San Antonio	✓			✓			1980	
16	ID_00088	Tenderi	✓			✓			2011	
17	ID_00082	Julio Martínez		✓		✓			2013	
18	ID_00175	Portezuelo N° 01		✓	✓				2017	
19	ID_00074	Parque Las Madres	✓		✓				2019	
20	ID_00166	Jorge Dimitrov		✓	✓				2017	BID
21	ID_00085	Los Gauchos	✓			✓			2011	
22	ID_00169	La Luz		✓	✓				2017	BID
23	ID_00066	Loma Linda (Sierra Maestra)		✓	✓				2016	
24	ID_00023	Hospital del niño		✓	✓				2019	
25	ID_00120	La Merced		✓	✓				2011	
26	ID_00035	San Antonio Sur		✓		✓			2017	
27	ID_00022	Rpto. Schick N° 4		✓	✓				2021	BID
28	ID_00042	Bosques de San Isidro		✓	✓				2010	
29	ID_00099	Serrania		✓	✓				2011	
30	ID_00164	Donatello		✓	✓				2017	
31	ID_00174	Milagro de Dios		✓	✓				2010	
32	ID_00161	Camilo Ortega #2		✓		✓			2018	
33	ID_00180	Ticomo Sur		✓	✓				2017	
34	ID_00024	Manolo Morales		✓			✓		2018	BID

Fuente: Departamento de Electromecánica, Gerencia de Operaciones de ENACAL

Asimismo, en la Tabla 2.2.8 se describe la situación actual del personal de operación y mantenimiento de cada estación de bombeo de pozos. El personal de operación y

mantenimiento pertenecen a EMPROSA, una organización de ENACAL a cargo de proteger la seguridad. Asimismo, en la Tabla 3 5se describe la situación actual del personal de operación y mantenimiento de cada estación de bombeo de pozos. 1) personal permanente, 2) ronda, 3) combinación del personal permanente y ronda. Entre dos a cuatro personas (permanente y de ronda) trabajan en turno en cada estación de bombeo. Por otro lado, existen también algunos pozos como Shell Metrocentro y Buenos Aires, donde trabajan el personal nocturno permanente y gerente de turno, como se indica en la Figura 2.2.4. Se considera que no va a ser necesario ampliar la planta del personal de operación y mantenimiento ni modificar el sistema de trabajo por la introducción de variadores.

Tabla 2.2.8 Operación y Mantenimiento de las Estaciones de Bombeo Existentes

No.	ID	Estaciones de bombeo	Asignación del personal de operación y mantenimiento				Observaciones
			Permanente (24 horas)	Permanente (12 horas)	Ronda	Permanente (12 horas) + ronda	
1	ID_00072	Bello Horizonte	✓				
2	ID_00087	Rafaela Herrera	✓				
3	ID_00159	Buenos Aires				✓	*3
4	ID_00083	Monseñor Lezcano			✓		2 veces al día
5	ID_00091	Mercado Oriental			✓		2 veces al día
6	ID_00079	Shell Metrocentro				✓	*2 B/D
7	ID_00158	Santa Rosa (B.Horizonte #2)				✓	*3
8	ID_00025	Bertha Calderón				✓	*2
9	ID_00176	Portezuelo N° 02				✓	*3
10	ID_00084	Las Brisas	✓				INV instalado en marzo de 2019
11	ID_00090	Olof Palme			✓		2 veces al día
12	ID_00026	Veléz Paiz				✓	*2
13	ID_00034	30 de Mayo #2	✓				
14	ID_00041	M.T.I.			✓		2 veces al día
15	ID_00089	San Antonio			✓		2 veces al día
16	ID_00088	Tenderi			✓		
17	ID_00082	Julio Martínez		✓			6:00~18:00 / 18:00~6:00 2 turnos
18	ID_00175	Portezuelo N° 01				✓	*3
19	ID_00074	Parque Las Madres	✓				
20	ID_00166	Jorge Dimitrov				✓	*2 B/D
21	ID_00085	Los Gauchos	✓				
22	ID_00169	La Luz				✓	*2 B/D
23	ID_00066	Loma Linda (Sierra Maestra)	✓				
24	ID_00023	Hospital del niño			✓		3 veces al día
25	ID_00120	La Merced	✓				
26	ID_00035	San Antonio Sur	✓				
27	ID_00022	Rpto. Schick N° 4	✓				B/D
28	ID_00042	Bosques de San Isidro	✓				
29	ID_00099	Serrania	✓				
30	ID_00164	Donatello	✓				
31	ID_00174	Milagro de Dios	✓				
32	ID_00161	Camilo Ortega #2	✓				
33	ID_00180	Ticomó Sur	✓				
34	ID_00024	Manolo Morales			✓		3 veces al día B/D

Fuente: Departamento de Electromecánica, Gerencia de Operaciones de ENACAL

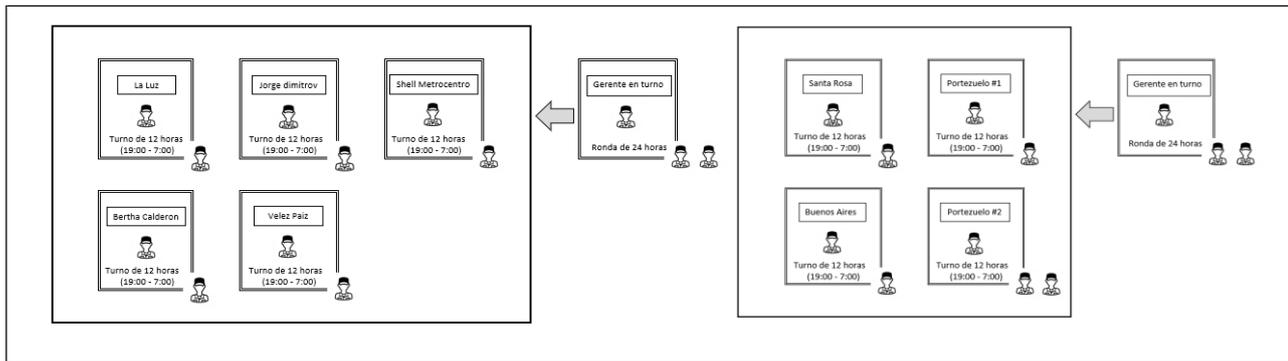


Figura 2.2.4 O y M Mediante el Personal Permanente y la Ronda de Gerentes en Turno

(4) Lineamiento sobre los variadores

(a) Lineamiento de diseño sobre el panel de arranque de la bomba

Considerando que se contempla continuar utilizando las bombas de elevación existentes en los pozos, se propone seleccionar los variadores tomando en cuenta la coherencia entre la potencia de los variadores y la capacidad de los motores de las bombas.

Con el fin de evitar el malfuncionamiento y fallas mecánicas debido a la subida de temperatura de los variadores, se tomarán las medidas necesarias, como por ejemplo, la ventilación del panel de arranque de la bomba, instalación de ventiladores, etc.

Se instalará el panel de arranque de la bomba en la nueva sala de operación. La nueva sala de operación estará ubicada lo más cerca posible a la sala de operación existente. Se instalará louver para ventilar el interior de la sala de operación.

(b) Lineamiento de diseño de los equipos de instrumentación

Con el fin de controlar con el variador la operación de la bomba a presión constante, se instalará el controlador digital en el panel de arranque de la bomba y el transmisor de presión a las tuberías de distribución. Asimismo, se instalará el interruptor de nivel tipo flotador a nivel de agua de operación adecuado para prevenir la falla de toma de la bomba debido a la reducción del nivel de agua del pozo.

(c) Lineamiento básico sobre el suministro de los variadores

Si bien es cierto que los variadores pueden ser comprados a los fabricantes japoneses, norteamericanos o europeos, en el presente Proyecto se propone comprar los productos en el mercado nicaragüense tanto la unidad principal como sus repuestos.

(d) Lineamiento básico sobre la instalación del panel de arranque de la bomba

Dado que las bombas de los pozos operan continuamente las 24 horas del día para abastecer de agua directamente a los demandantes de la ciudad, se analizará un método de ejecución de obras que permita realizar la conmutación con el panel de arranque existente en poco tiempo y de manera segura. Asimismo, se elaborará un calendario de trabajo que

consista en ejecutar las obras simultáneamente en varias estaciones de bombeo a donde se instalarán los paneles de arranque, y de esta manera, acortar el período total de ejecución. Esto implica no solo diseñar un sistema óptimo de ejecución de obras, sino también la asignación del personal que tome plenamente en cuenta el sistema de supervisión de obras.

(5) Control de operación del panel de arranque de las bombas de los pozos

En la Figura 2.2.5 se presenta el esquema conceptual del método de control de las bombas de pozos propuesto por el presente Proyecto. En el nuevo panel se incorporará el variador, y se realizará la operación automática de la bomba con control de presión constante. Se permitirá la operación manual por el operador con el uso del selector.

Se instalará el equipo de nivel de agua en los pozos para prevenir la rotación en vacío de la bomba en la época seca cuando el nivel del agua del pozo esté por debajo del rango de operación de la bomba. La bomba se detendrá automáticamente cuando sea emitida la señal de alarma de bajo nivel de agua.

Para el control de la operación de la bomba a presión constante se utilizarán los datos de transmisores de presión instalado en las tuberías de transmisión. Los valores de presión deben ser ajustados para cada estación de bombeo. Antes de iniciar la operación de las nuevas bombas de pozos con variadores, se debe medir el caudal y la presión y determinar los valores de ajuste apropiados para cada estación de bombeo. Por lo tanto, se propone incluir como componente no estructural la capacitación para el fortalecimiento de capacidades en este tipo de trabajo.

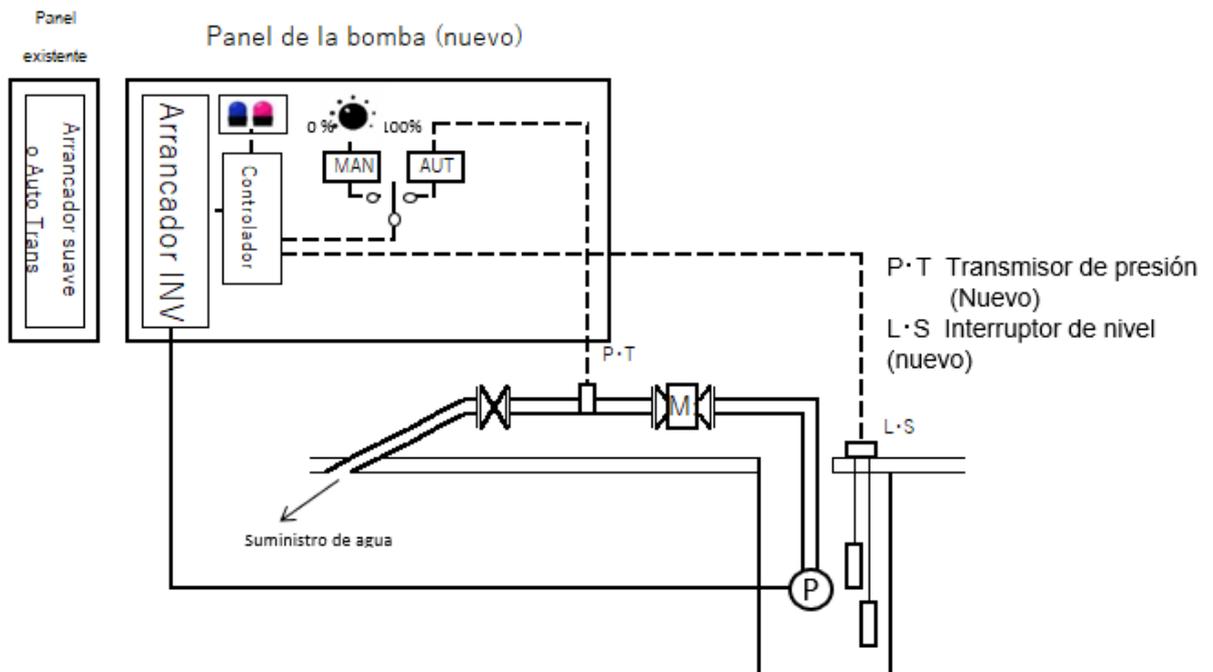


Figura 2.2.5 Esquema Conceptual del Control de las Bombas de los Pozos

(6) Especificaciones básicas de los variadores

En la Tabla 2.2.9 se presenta la relación de la capacidad de los motores y la potencia de los variadores en los 28 pozos seleccionados, y en la Tabla 2.2.10 se presenta la lista de los repuestos necesarios. Asimismo, se tomarán las medidas para controlar los armónicos al instalar los variadores.

Tabla 2.2.9 Relación de la Capacidad de los Motores Existentes y Nuevos Variadores

Capacidad de los motores de las bombas de pozos existentes			Potencia del nuevo inversor	
Hp	(Hp*1.1)kW	unidades	kW	unidades
100	82	4	110	13
125	103	9		
150	123	9	132	9
175	144	3	185	6
200	164	3		
Total		28	Total	28

Tabla 2.2.10 Repuestos de Variadores Necesarios

Partes	Unidades	Cantidad
Tarjetas principales de cambio para 110kW	13	2 paneles
Ventiladores de cambio para 110kW	13	2 paneles
Tarjetas principales de cambio para 132kW	9	1 panele
Ventiladores de cambio para 132kW	9	1 panele
Tarjetas principales de cambio para 185kW	6	1 panele
Ventiladores de cambio para 185kW	6	1 panele

(7) Construcción de la sala de operación

Con el fin de garantizar la reducción del tiempo y la seguridad de la obra de conmutación entre los paneles de arranque existentes y nuevos, se propone construir una sala de operación nueva en la que se instalará el nuevo panel de arranque. En la Figura 2.2.6 se presenta la vista en planta y el exterior de la sala de operación propuesta y en la Figura 2.2.7 se presenta el plano de ubicación de la sala de operación. Por las mismas razones, para la obra de cableado, se propone instalar dentro de la sala de operación existente la caja de conexión a la que se ha instalado previamente la base de terminales, y conectar el cable de alimentación del nuevo panel de arranque y el cable de la bomba dentro de la caja de conexión.

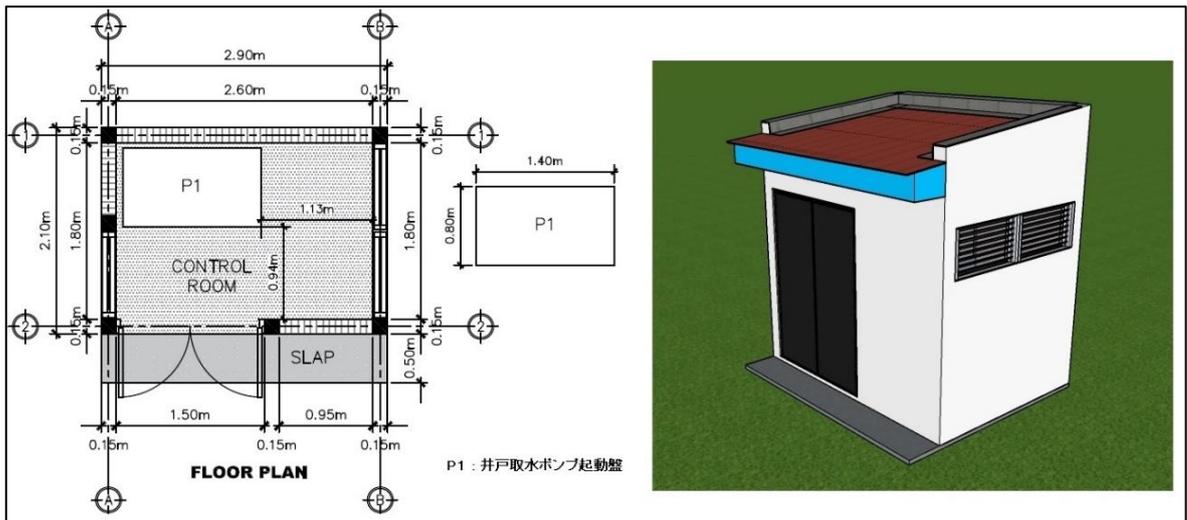


Figura 2.2.6 Vista en Planta y Exterior de la Sala de Operación

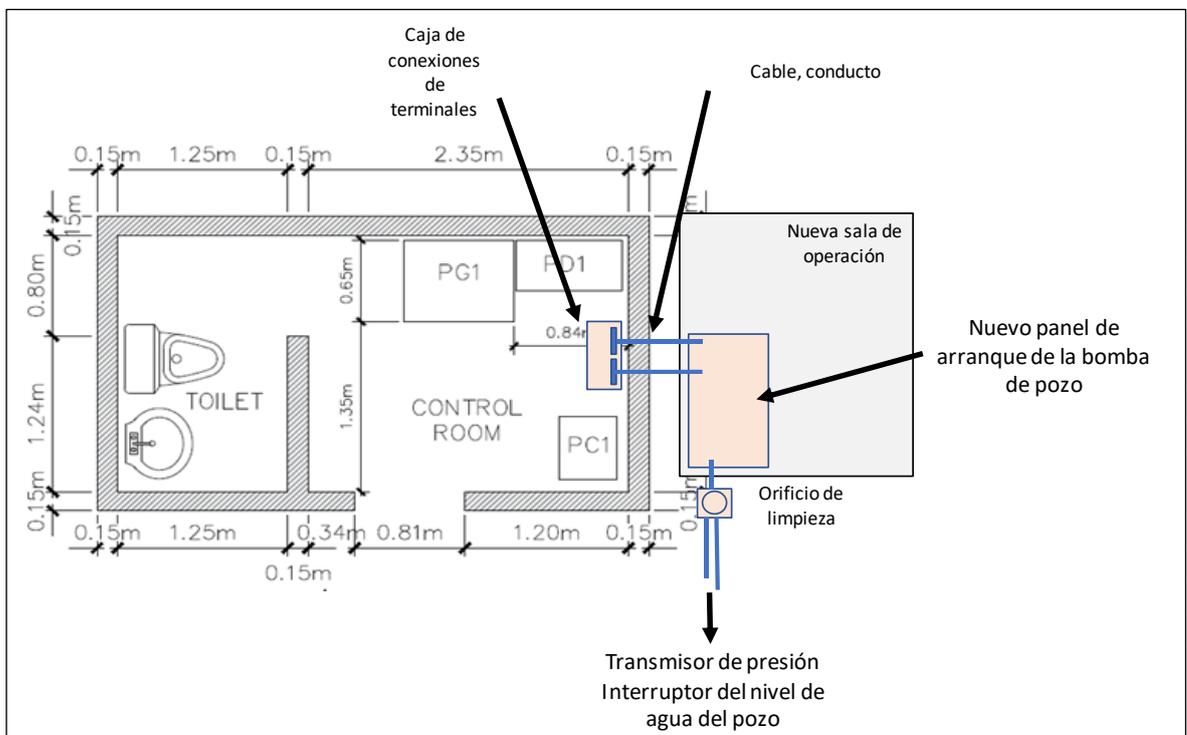


Figura 2.2.7 Plano de Ubicación Preliminar de la Sala de Operación

2.2.2.2 Construcción del Reservorio

(1) Lineamiento básico sobre la instalación del reservorio de agua prefabricado

A continuación se describe el lineamiento básico de la instalación del reservorio de agua prefabricado.

- a) El objetivo de instalar el reservorio es estabilizar la presión de distribución, contribuir a la reducción de las fugas, a la par de responder al caudal de la hora pico, reducir el consumo de la energía eléctrica, etc.
- b) Se propone diseñar las instalaciones sismo resistentes considerando que Nicaragua

es un país sísmico.

- c) Asimismo, las instalaciones deberán ser resistentes a la presión de agua, presión del suelo, reacción del suelo, fuerza sísmica, presión de viento, etc.
- d) Se utilizarán los miembros que puedan ser trabajados en fábrica, ligeros y de buena trabajabilidad.
- e) Las instalaciones serán en lo posible libres de mantenimiento, salvo la limpieza rutinaria.
- f) Las obras de instalación del reservorio, la cimentación, la conexión a la tubería existente, así como la instalación de las válvulas de entrada y salida, etc. serán responsabilidad del Japón, mientras que la preparación de tierra del sitio de instalación del reservorio, las obras del exterior, instalación de cercos, etc. serán responsabilidad de Nicaragua.

(2) Análisis de la capacidad del reservorio

El dato más actualizado del volumen mensual contabilizado de la sucursal Asososca, según la información obtenida de ENACAL es de 2,525,282.4 m³/mes (974.3 ℓ/s), mostrando un incremento del volumen contabilizado del 15 % al comparar con los 841.8 ℓ/s de 2017. Se analizó el volumen de distribución para el macrosector Asososca Alta, que son las áreas solicitantes del reservorio de agua prefabricado.

Para el macrosector Asososca Alta se propone construir un reservorio con una capacidad efectiva de 4,600 m³, contiguo al tanque existente Las Pilas. Este tanque de distribución tendrá una capacidad para almacenar el volumen equivalente a ocho horas del volumen máximo diario de suministro.

El volumen facturado en el macrosector Asososca Alta en 2021 fue de 249.4 ℓ/s. La capacidad del reservorio en el caso de almacenar el volumen equivalente a ocho horas del volumen máximo diario de suministro se calcula de la siguiente manera.

$$249.4 \text{ L/s} \times 1/0.7 \times 3600 \times 8 \div 1000 = 10,272 \text{ m}^3$$

Se propone agregar un nuevo reservorio con una capacidad de 4,600 m³ (capacidad efectiva). Concretamente, el cálculo consiste en reducir del volumen máximo diario de suministro (10,272 m³) la capacidad efectiva del reservorio Las Pilas (5,700 m³): $10,272 - 5,700 \doteq 4,600 \text{ m}^3$ (capacidad efectiva).

Por otro lado, el volumen máximo diario de suministro en este caso sería:

$$249.4 \text{ L/s} \times 1/0.7 \times 3600 \times 24 \div 1000 = 30,784 \text{ m}^3$$

Dado que el volumen de toma de agua representa el 10 % del volumen máximo diario de suministro, el volumen de toma de agua sería: $30,784 \times 1.1 = 33,863 \text{ m}^3/\text{día}$.

El caudal de toma del Lago Asososca sin el reservorio, asumiendo un coeficiente de tiempo de 1.4, sería un máximo de 47,400 m³/día aproximadamente. ($= 33,863 \text{ m}^3/\text{día} \times 1.4$). Sin

embargo, al entrar en operación el reservorio por la implementación del presente Proyecto, se aliviaría el impacto de respuesta de distribución en hora pico, y se espera que se controlará el caudal de toma en orden de 23,700-33,863 m³/día del volumen medio diario de suministro dependiendo de la variación estacional del volumen máximo diario de suministro.

(3) Selección del tipo de los reservorios

Los reservorios pueden ser de hormigón armado, hormigón pretensado, acero inoxidable (SUS), etc. La estructura debe ser firme, y para su diseño se debe considerar la fuerza sísmica en nivel máximo de agua, resistencia de la base, impermeabilidad, anticorrosión, etc. El presente Proyecto se contempla adoptar el reservorio de acero inoxidable por sus ventajas en términos de trabajabilidad, facilidad de operación y mantenimiento, resistencia, sismo resistencia, impermeabilidad, etc. En la Tabla 2.2.11 se presenta la comparación de la estructura de los reservorios.

Tabla 2.2.11 Comparación de la Estructura de los Nuevos Reservorio

	Caso 1 Hormigón armado	Caso 2 Hormigón pretensado	Caso 3 Estructura de acero inoxidable (SUS)
Fotos			
Materiales	Construido principalmente con hormigón y barras de refuerzo.	Construido principalmente con hormigón de alta resistencia, acero para hormigón pretensado y barras de refuerzo.	Se utilizan SUS329, SUS444, etc.
Características	Normalmente estructura de vigas y de losa plana, con techos, paredes y losas de hormigón reforzado. Las paredes son gruesas para lograr la resistencia a la fuerza de tensión del hormigón, con mayor cantidad de barras de refuerzo utilizada. Estructura muy pesada y requiere de cemento muy sólido y grande.	Estructura de PC solo para paredes, mientras que el techo y las losas son de estructura de hormigón reforzado. Responde al esfuerzo generado por la carga externa introduciendo pretensiones con barra de acero tensado. Permite reducir el espesor de los miembros, traduciéndose en economía de escala cuando la estructura es grande.	Las chapas de acero son materiales efectivos a las fuerzas de compresión y de tracción, por lo que permite diseñar al espesor mínimo de las chapas. Esto se traduce en la reducción de peso. Las chapas pequeñas son baratas y pueden ser fabricadas en fábrica, mientras que las chapas grandes necesitan ser trabajadas en el sitio de obra.
Trabajabilidad y duración de las obras	Se requiere mano de obra para el encofrado, vaciado de hormigón mixto en sitio, etc. Se requiere considerar el tiempo de curado del hormigón, alargando el período de ejecución.	Se trata de método de ejecución de hormigón vaciado en sitio y posttensionado. El período de ejecución es más corto que hormigón armado, pero más largo que SUS.	Los miembros pueden ser trabajados en fábrica, permitiendo acortar el período de ejecución. Los miembros son ligeros y trabajables. En el caso de una gran estructura que requiere soldar, es necesario gestionar adecuadamente el trabajo de soldadura.

	Caso 1 Hormigón armado	Caso 2 Hormigón pretensado	Caso 3 Estructura de acero inoxidable (SUS)
Hermeticidad, impermeabilidad	Posiblemente se agrietan por el endurecimiento y contracción del hormigón. Se requiere dar tratamiento adecuado a las juntas. Se requiere ejecutar el revestimiento interno para prevenir la degradación por neutralización.	Se producen poco endurecimiento y agrietamiento por la introducción de pretensado. Se requiere dar tratamiento adecuado a las juntas. Se requiere ejecutar el revestimiento interno para prevenir la degradación por neutralización.	No se requiere pintura anticorrosiva por utilizar materiales altamente resistentes a la corrosión.
Resistencia, operación y mantenimiento	Las grietas y las fugas de agua producidas por la contracción del hormigón pueden dañar las barras de refuerzo afectando la resistencia de la estructura. Se requiere pintar el interior y exterior y aplicar la pintura impermeable en forma periódica.	Se producen pocas grietas, y no requiere el mantenimiento como RC, pero sí es necesario impermeabilizar el interior, y aplicar la pintura anticorrosiva en el exterior como mantenimiento.	Solo requiere limpiar periódicamente. No requiere de otro mantenimiento como reparación de pintura, etc. Los materiales son reciclables a la renovación de la estructura.
Sismo resistencia	Los miembros son gruesos para lograr la sismo-resistencia requerida, lo que se traduce también en una obra de cimentación exagerada. Es posible que se agrietan por la fuerza sísmica.	Es menos probable que se agrieten los miembros en comparación con la estructura de hormigón armado, pero es posible que la deformación asociada a un sismo produzca fugas de agua desde las juntas.	La resistencia estándar de diseño de acero inoxidable es más de 10 veces que la de hormigón, además que el acero inoxidable es muy tenaz (resistente) y elástico. Absorbe la fuerza de impacto y es resistente al sismo.
Economía	Opción más económica	Opción medianamente económica	Opción más costosa que otras opciones
Aplicación			○

(4) Ubicación de los reservorios de agua prefabricados

Se realizó una evaluación global, tomando en cuenta el presupuesto del presente Proyecto, población beneficiaria del área seleccionada, necesidad e impacto esperado de los equipos suministrados, etc., se decidió construir el reservorio de agua prefabricado solo en un lugar: para el macrosector Asososca Alta (4,600 m³).

Inicialmente ENACAL solicitó instalar los reservorios para dos macrosectores: Asososca Baja y Asososca Alta. El Proyecto contempla utilizar la tubería existente para conectar el nuevo reservorio para el macrosector Asososca Baja. Sin embargo, las tuberías existentes están fuera de uso en la actualidad debido a la instalación defectuosa. ENACAL planea mejorar las tuberías de distribución existentes y su reparación constituye la premisa para la ejecución del presente Proyecto. En el supuesto caso de que se demore la ejecución de las obras de remodelación a cargo de Nicaragua, esta demora podría poner en riesgo la manifestación del impacto del presente Proyecto. Asimismo, el caudal explotable de los pozos de Asososca Baja es limitado, y aún cuando se construya un reservorio no sería posible utilizar efectivamente este reservorio para atender la variación de la demanda de agua a lo largo del día. Adicionalmente, se realizó una evaluación global, tomando en cuenta el presupuesto del presente Proyecto, población beneficiaria del área seleccionada, necesidad

e impacto esperado de los equipos suministrados, etc., se decidió construir el reservorio de agua prefabricado solo en un lugar: para el macrosector Asososca Alta (4,600 m³).

2.2.2.3 Renovación de la bomba de transmisión

(1) Lineamiento básico sobre la renovación de la bomba de transmisión

(a) Lineamiento básico de selección de las bombas a ser renovadas

La relevancia de renovar las bombas será evaluada de manera integral aplicando los siguientes criterios.

- a) Número de grifos de agua en el área de competencia (consumo de agua)
- b) Opiniones de los técnicos de reparación del taller de electromecánica
- c) Evaluación de la situación actual mediante el estudio
 - Tomar en cuenta la vida operativa equilibrada estimada a partir de las condiciones de operación (reducir los riesgos de corte de agua por largas horas debido a las fallas inesperadas).
 - Bombas averiadas que no satisfacen el volumen de transmisión requerido en la estación.

(b) Lineamiento básico de suministro de las bombas de transmisión

Si bien es cierto que las bombas son fabricadas en los EE.UU., México y otros países vecinos, en el presente Proyecto se propone adquirir las bombas de los fabricantes japoneses a fin de garantizar las ventajas comparativas en la operación y mantenimiento, gestión de pedidos, provisión de los planos de terminación, gestión de componentes, gestión de los planos de fabricación. Asimismo, con el fin de reducir el costo de operación y mantenimiento, se seleccionarán los materiales y estructuras que proporcionen mayor resistencia y vida útil más larga. Se procurará ejecutar adecuadamente las obras de renovación enviando el personal capacitador en las técnicas de instalación del fabricante japonés, y al mismo tiempo, el Proyecto proporcionará asistencia técnica en la instalación a los técnicos de reparación del taller de ENACAL.

En cuanto a los repuestos de las bombas, se contempla suministrar aquellos componentes que sean difíciles de comprar en el mercado local. Concretamente, se suministrarán los consumibles por cinco años, así como los impulsor y ejes principales.

(c) Lineamiento básico sobre la definición del punto nominal de las bombas

Se seleccionarán las bombas que ofrezcan la máxima eficiencia posible de bombeo en función de la presión y caudal de operación real de las bombas existentes, procurando reducir el consumo de la energía eléctrica.

(d) Lineamiento básico sobre diseño del panel de arranque de las bombas

Se propone comprar las bombas y los paneles de arranque del mismo fabricante, para evitar cualquier problema de la operación y de la protección de las bombas. Los paneles serán del tipo arranque suave manual y autoportante al igual que muchas de las bombas existentes, a fin de reducir la corriente al arrancar el equipo. Los paneles estarán equipados de detectores de nivel máximo de agua para prevenir la operación en vacío de las bombas, los cuales no están equipados en las bombas existentes.

(e) Lineamiento básico sobre el alcance de las instalaciones por renovar

El suministro de las bombas de renovación incluirá las tuberías, tubos telescópicos y flexibles, y adaptadores de brida, tomando en cuenta que el tamaño de las nuevas bombas es diferente al de las bombas existentes. Asimismo, se incluirá el cableado de alimentación y el cableado de control que permitirán revisar el arranque adecuado inmediatamente después de instalar las bombas. Adicionalmente, el Proyecto incluirá también la renovación de las válvulas deficientes.

(f) Lineamiento básico sobre la selección de los métodos de renovación

Se analizará el método de renovación que permita acortar en lo posible el tiempo de corte de servicio, considerando que se trata de renovar las bombas actualmente en operación. Asimismo, se elaborará un calendario de trabajo que consista en ejecutar las obras simultáneamente en varias estaciones de bombeo donde se renovarán las bombas, y de esta manera, acortar el período total de ejecución. Esto implica no solo diseñar un sistema óptimo de ejecución de obras, sino también la asignación del personal que tome plenamente en cuenta el sistema de supervisión de obras.

(2) Especificaciones de las estaciones de bombeo y de las bombas existentes

Las bombas existentes de ENACAL son muy obsoletas, y hace tiempo que ha cumplido su vida útil (de 20 años). En la Tabla 2.2.12 se presenta el orden de prioridad de las renovaciones según la solicitud de ENACAL y las bombas seleccionadas (marcadas con ●) En total son 12 bombas, porque ENACAL agregó cinco unidades más a la solicitud original, durante la primera etapa del estudio en Nicaragua.

Tabla 2.2.12 Especificaciones de las Estaciones de Bombeo y de las Bombas Existentes

Prioridad	Objeto de renovación	Estaciones	Elevación pulgadas	Caudal (GPM)	Año de instalación	Fuerzas de caballo HP
1		ASOSOSCA ALTO #1	150	2400	1998	125
		ASOSOSCA ALTO #2	150	2400	1998	125
		ASOSOSCA ALTO #3	236	3400	2000	300
	●	ASOSOSCA ALTO #4	150	2400	1998	125
		ASOSOSCA SUPERIOR #1	285	1400	2001	250
		ASOSOSCA SUPERIOR #2	285	1400	1998	250
	●	ASOSOSCA SUPERIOR #3	285	3200	1998	450
1	●	ALTAMIRA # 1	280	2200	1998	150
	●	ALTAMIRA # 2	262	3400	1998	250
		ALTAMIRA # 4			2002	
	●	ALTAMIRA # 5	300	3200	2002	350
1	●	KM 8 CARRETERA A MASAYA #1	285	1400	2001	250
		KM 8 CARRETERA A MASAYA #2	400	2000	2001	-
	●	KM 8 CARRETERA A MASAYA #3	106 m	341m3/h		160 KW
2		SAN JUDAS #1	350	510		100
	●	SAN JUDAS #2	350	1000		150
	●	SAN JUDAS #3	350	1000		150
2	●	KM 18 CARRETERA A MASAYA #1	270	1500		360
		KM 18 CARRETERA A MASAYA #2	270	800		75
3		KM 9.5 CARRETERA SUR # 1	285	1400	1998	250 kW
		KM 9.5 CARRETERA SUR # 2	350	1000	2001	125 kW
	●	KM 9.5 CARRETERA SUR # 3	350	1000	2001	125 kW
4	●	KM 8.5 CARRETERA SUR # 1	167	1100	1997	75
		KM 8.5 CARRETERA SUR # 2	167	1000	1997	75
		KM 8.5 CARRETERA SUR # 3	167	1000	1997	75

(3) Descripción general de las bombas objetivo solicitadas para renovación

A continuación se describen las estaciones de bombeo solicitadas por ENACAL para su renovación, y su respectiva justificación.

Tabla 2.2.13 Descripción de las Estaciones de Bombeo Solicitadas por ENACAL

Estaciones	Altamira	KM 8 C. Masaya	Asososca	San Judas	KM 8.5 C. Sur	KM 9.5 C. Sur	KM 18 C. Sur
Situación actual	Sistema 1: 2 unidades (Todas operativas) Sistema 2: 2 unidades Todas averiadas Abandonas por más de cuatro años	3 unidades En operación	Sistema 1: 4 unidades (1 averiada) Sistema 2: 2 unidades (todas averiadas) Sistema 3: 1 unidad (operativa)	3 unidades Todas operativas	3 unidades Todas operativas	3 unidades 2 averiadas	2 unidades Todas operativas
Cantidad solicitada de bombas	Sistema 1: 2 unidad	3 unidades	Sistema 1: 1 unidad Sistema 3: 1 unidad	2 unidades	1 unidad	1 unidad	1 unidad
Sucursal competente	Sucursal de Altamira	Sucursal de Altamira	Sucursal de Asososca	Sucursal de Altamira	Sucursal de Asososca	Sucursal de Asososca	Sucursal de Altamira
Fuente de agua	Managua I Grupo de	Grupo de pozos de	Lago Asososca	Grupo de pozos de	Lago Asososca	Lago Asososca	Grupo de pozos de

Estaciones	Altamira	KM 8 C. Masaya	Asososca	San Judas	KM 8.5 C. Sur	KM 9.5 C. Sur	KM 18 C. Sur
	pozos + Poza Altamira	Managua I		Managua I	+ pozos	+ pozos	Managua I
Número de conexiones del área de competencia	24,634	15,240	33,124	20,947	6,214	6,214	15,240
Consumo de agua m ³ /mes	909,829	481,555	1040293	524,493	187,229	187,229	481,555
Solicitud de ENACAL Justificación	Bombas del sistema 1 Instaladas en 1998 Evitar riesgo de avería Renovación de 2 bombas	Instaladas en 2001 Evitar riesgo de paro por avería Renovación de 2 bombas	Sistema 1: Una bomba renovada en 1998 aumentando la elevación para transmitir el agua a las tierras altas de Altamira Sistema 3: Instalado en 1998 Evitar riesgo de paro por avería Renovación de 1 bomba	Alta tasa de operación Evitar riesgo de paro por avería Renovación de 2 bombas	Evitar riesgo de paro por avería Renovación de 1 bombas	Reparar una bomba averiada y asegurar la transmisión de agua	Evitar riesgo de paro por avería Renovar por lo menos una bomba

En la siguiente Tabla se presentan los valores medidos de la temperatura del cojinete de la bomba, vibraciones y del aislamiento del motor tomados durante el estudio en Nicaragua. Dado que no ha sido posible operar continuamente durante varias horas considerando la reducción del agua remanente en el reservorio y las condiciones de la bomba, los datos de la medición no corresponden a los valores saturados. Por lo tanto, las cifras de la temperatura de cojinete que aparecen entre paréntesis son solo referencial.

Tabla 2.2.14 Resultados del Estudio en las Estaciones de Bombeo Existentes

Estaciones Número de bombas	Velocidad de vibración del cojinete de la bomba (mm/seg)	Temperatura del eje de la bomba (°C)	Aislamiento para motor	Observaciones
Asososca #3	Baja (8.1)	72	Sin problema	Motor muy ruidoso
Asososca #4	-	-	-	Sin bomba
Altamira #1	Relativamente baja (5.2)	(58)	Sin problema	
San Judas #2	Relativamente baja (4.5)	(45)	No confirmado	
KM8.5 C. Sur #1	Relativamente baja (2.8)	(47)	No confirmado	Mini bomba de 75 kW
KM9.5 C. Sur #3	-	-	No confirmado	Averíada
KM18 C. Masaya #1	Baja (7.2)	68	No confirmado	Operar regulando la válvula

(4) Selección de las bombas objeto del Proyecto

En la Tabla 2.2.15 se presentan la lista de las bombas por renovar y la justificación de selección basada en la información recogida durante la primera etapa de estudio en Nicaragua.

Tabla 2.2.15 Bombas por Renovar y Justificación de la Selección

Prioridad	Solicitud de renovación	Estaciones	Elevación (pulgadas)	Caudal (GPM)	Fuerzas de caballo HP	Año de instalación	Velocidad de vibración (mm/seg)	Justificación	Decisión final
1		ASOSOSCA ALTO #1	150	2400	125	1998		Trasladar y utilizar la bomba existente # 4	x
		ASOSOSCA ALTO #2	150	2400	125	1998		Es posible continuar operando	x
	●	ASOSOSCA ALTO #3	236	3400	300	1998		Ya se ha instalado una bomba de alta elevación para conducir el agua a zona de alta elevación.	x
	●	ASOSOSCA ALTO #4	150	2400	125	1998		- Esta bomba será operada paralelamente con la Bomba #3, por lo que ha sido solicitada una bomba de gran elevación con las mismas especificaciones que la #3. La bomba existente será trasladada a #1 y reutilizada. Conclusión: Ampliar para solucionar la falta de agua al tanque de distribución Las Piles	○
		ASOSOSCA SUPERIOR #1	285	1400	250	2001		- Para la operación de emergencia, el nuevo motor ya ha sido instalado - No ha sido solicitado renovar.	x
		ASOSOSCA SUPERIOR #2	285	1400	250	1998		- Para la operación de emergencia, el nuevo motor ya ha sido instalado - No ha sido solicitado renovar.	x
	●	ASOSOSCA SUPERIOR #3	285	3200	450	1998	8.1	- La bomba es muy obsoleta y emite fuertes ruidos y vibraciones. - No se ha medido la reducción del rendimiento de la bomba, pero por ser una bomba grande, se espera que su renovación contribuya a mejorar la eficiencia energética. - Fuerte solicitud de renovar. Conclusión: Se decidió renovar por el gran efecto de eficiencia energética, pese a	○
1	●	ALTAMIRA # 1	180	1800	150	1998	5.2	- Funciona pero avanzado grado de obsolescencia - No se ha medido las propiedades de la bomba y se desconoce la tasa de reducción de rendimiento.	○
	●	ALTAMIRA # 2	180	1800	150	1998	5.1	Conclusión: Se renovará una unidad para asegurar el suministro estable de agua,	x
		ALTAMIRA # 4				2000	-	- No se contempla utilizar. Tampoco ha sido solicitado renovar.	x
		ALTAMIRA # 5	300	3200	350	2002	-	- Dejó de funcionar hace 4 años y carece de importancia.	x
	●	KM 8 CARRETERA A MASAYA #1	285	1400	250	1996	3.8	- Funciona. Fue solicitada la renovación para lograr mayor eficiencia. - Si esta bomba va a ser operada paralelamente con la nueva bomba de gran elevación #2, se recomienda renovar a una bomba de gran elevación, lo cual no es necesariamente justificable. Conclusión: El cambio a una bomba de gran elevación no es justificable, además	x
●	KM 8 CARRETERA A MASAYA #2	400	2000	-	2021	-	- Se está tramitando renovar la bomba existente averiada por una bomba de gran elevación	x	
●	KM 8 CARRETERA A MASAYA #3	350	1500	250	2001	4.1	Conclusión: No será renovada por la misma razón que la bomba #1.	x	
2		SAN JUDAS #1	350	510	100			- Las tres bombas funcionan pero son muy obsoletas.	x
	●	SAN JUDAS #2	350	1000	150			- Se desconoce la tasa de reducción del rendimiento porque no se han medido las propiedades de la bomba.	○
	●	SAN JUDAS #3	350	1000	150			- Son bombas muy utilizadas y su tiempo de operación supera 10 horas/día Conclusión: Será renovada una bomba para reducir los riesgos de avería y para	x
2	●	KM 18 CARRETERA A MASAYA #1	300	1500	160 kW			- Los impulsores de la Bomba # 1 han sido reparados varias veces (se desconoce por qué) - La presión de la bomba #1 es alta y es operada regulando el caudal con la válvula de descarga para evitar dañar las tuberías.	○
		KM 18 CARRETERA A MASAYA #2	270	800	75			Conclusión: Se renovará la bomba grande, considerando que al cambiar la presión de descarga a las especificaciones de uso real, se lograría una alta eficiencia energética.	x
3		KM 9.5 CARRETERA SUR # 1	285	1400	250 kW				x
		KM 9.5 CARRETERA SUR # 2	350	1000	125 kW			- La bomba #1 funciona, no así las bombas #2 y #3 y se necesita renovar. Conclusión: Será renovada una bomba averiada para recuperar el volumen de transmisión.	x
	●	KM 9.5 CARRETERA SUR # 3	350	1000	125 kW				○
3	●	KM 8.5 CARRETERA SUR # 1	167	1000	75	1997		- Las tres bombas funcionan pero son muy obsoletas.	○
		KM 8.5 CARRETERA SUR # 2	167	1000	75	1997		- Se desconoce la tasa de reducción del rendimiento porque no se han medido las propiedades de la bomba.	x
		KM 8.5 CARRETERA SUR # 3	167	1000	75	1997		Conclusión: Será renovada una bomba para reducir los riesgos de avería y para estabilizar el suministro de agua.	x

(5) Equipos auxiliares asociados a la renovación de las bombas

Muchas de las bombas seleccionadas se encuentran descentradas entre las tuberías existentes y las bocas de entrada y salida de la bomba. Se considera difícil corregir el centro (línea recta) solo ajustando el nivel de la base de la bomba, por lo que se propone realizar la conexión insertando un tubo telescópico y flexible y adaptador de brida. Se determinarán las especificaciones finales después de medir la excentricidad precisa en un estudio complementario durante el diseño detallado. Los equipos que se necesitan al renovar las bombas se indican en azul en las siguientes figuras.

<p>Asosca #3</p> <ol style="list-style-type: none"> ① Tubos de acero telescópico y flexible ND400x500L ② Tubos cónicos con bridas a ambos lados ND400xND250x200L ③ Bomba 250kW, ND250 ④ Tubos cónicos con bridas a ambos lados ND350xND150x200L ⑤ Tubos de acero telescópico y flexible ND350x500L ⑥ Adaptador de brida ND350x300L 	
<p>Asosca #4</p> <ol style="list-style-type: none"> ① Tubo de acero telescópico y flexible ND350x600L ② Tubo cónico con bridas a ambos lados ND350xND250x200L ③ Bomba 220kW, ND250 ④ Tubo cónico con bridas a ambos lados ND300xND150x200L ⑤ Tubo de acero telescópico y flexible ND300x500L ⑥ Adaptador de brida ND300x300L 	
<p>Altamira #1</p> <ol style="list-style-type: none"> ① Tubo de acero telescópico y flexible ND300x700L ② Tubo cónico con bridas a ambos lados ND300xND250x200L ③ Bomba 90kW, ND250 ④ Tubo cónico con bridas a ambos lados ND200xND150x200L ⑤ Tubo de acero telescópico y flexible ND200x800L 	

<p>San Judas #2</p> <ol style="list-style-type: none"> ① Adaptador de brida ND300x300L ② Tubo cónico con bridas a ambos lados ND300xND200x200L ③ Bomba 132kW, ND200 ④ Tubo cónico con bridas a ambos lados ND150xND125x200L ⑤ Tubo de acero telescópico y flexible ND150x1000L 	
--	--

<p>KM 8.5 C. Sur #1</p> <p>① Adaptador de brida ND150x300L</p> <p>② Tubo cónico con bridas a ambos lados ND200xND150x200L</p> <p>③ Bomba 55kW, ND200</p> <p>④ Tubo cónico con bridas a ambos lados ND125xND150x200L</p> <p>⑤ Tubo de acero telescópico y flexible ND150x700L</p>	
<p>KM 9.5 C. Sur #3</p> <p>① Tubo cónico con bridas a ambos lados ND200xND150x200L</p> <p>② Bomba 132kW, ND200</p> <p>③ Tubo cónico con bridas a ambos lados ND125xND150x200L</p> <p>④ Tubo de acero telescópico y flexible ND150x1000L</p> <p>⑤ Válvula de retención ND150</p> <p>⑥ Brida soldada ND150</p>	
<p>KM 18 C. Masaya #1</p> <p>① Brida soldada ND250</p> <p>② Tubo cónico con bridas a ambos lados ND250xND200x200L</p> <p>③ Adaptador de brida ND200x300L</p> <p>④ Bomba ND200, 132kW</p> <p>⑤ Tubo acodado ND125x90</p> <p>⑥ Tubo cónico con bridas a ambos lados ND125xND150x500L</p> <p>⑦ Tubo de acero telescópico y flexible ND150x1100L</p>	

(6) Plan de los puntos nominales de las bombas

En la Tabla 2.2.16 se presentan los puntos nominales de las bombas definidos con base en los resultados recogida durante la primera etapa de estudio en Nicaragua.

Tabla 2.2.16 Plan de los Puntos Nominales de las Bombas

Bombas seleccionadas	Caudal nominal (m ³ /min)	Elevación total nominal (m)	Revolución (min ⁻¹)	Potencia del motor (kW)
Asososca #3	12.1	86	1475	250
Asososca #4	12.9	72	1475	220
Altamira #1	6.8	55	1475	90
San Judas #2	4.5	107	1475	132

Bombas seleccionadas	Caudal nominal (m ³ /min)	Elevación total nominal (m)	Revolución (min ⁻¹)	Potencia del motor (kW)
KM 8.5 C. Sur #1	4.5	51	1475	55
KM 9.5 C. Sur #3	4.5	107	1475	132
KM 18 C. Masaya #1	5.67	91	1475	132

(7) Motor

Con el fin de reducir el consumo de energía, se seleccionará el motor eficiente totalmente cerrado refrigerado por ventilador tipo jaula de ardilla protegido contra la temperatura externa y polvos, Clase F, Clase B-Rise.

(8) Selección de las especificaciones de las tuberías

Las tuberías serán de acero al igual que las tuberías existentes, con bridas ANSI#150, ajustándose al estándar local.

(9) Válvulas

Las válvulas de compuertas no serán renovadas porque las existentes están operativas. Sin embargo, será renovada la válvula de retención de KM 9.5 C. Sur #3 que está averiada. Las válvulas de retención existentes son de la marca Bernad, que son relativamente difíciles de mantener, además que presentan fallas frecuentes, no está funcionando el cierre lento en la mayoría de las válvulas. Por lo tanto, se propone utilizar las válvulas de retención de cierre lento con contrapeso que no requieren de mantenimiento.

(10) Análisis del sistema de protección de las bombas

Para prevenir la operación en vacío de las bombas al arrancar, se incluirán en las condiciones de arranque la instalación del detector de nivel máximo de agua.

(11) Selección de las instalaciones eléctricas

Todos los paneles de arranque de las bombas seleccionadas serán objeto de renovación, considerando que la potencia de los motores de las nuevas bombas ha sido cambiada y que además se incluyen el dispositivo protector. El sistema de arranque de las bombas será el tipo arranque suave al igual que muchas de las bombas utilizadas en Nicaragua, con el fin de prevenir la caída de voltaje al arrancar el equipo.

Los paneles serán del tipo compacto, autoportante para uso interno, equipados con los dispositivos protectores como: relé de sobrecarga y relé de fase abierta (2 E), transformador de corriente de fase cero, relé térmico, amperímetro, voltímetro, medidor de salida y el medidor de horas de funcionamiento.

(12) Selección de los materiales de cables

Como accesorios se incluyen: el cable de alimentación (CVV) y cable de control para

detector de nivel máximo de agua (CVV), conductos, tubos flexibles, y terminal de conexión.

(13) Análisis de los métodos de instalación

En la siguiente Tabla se presentan dos métodos diferentes de ejecución de obras de renovación de bombas comparando la duración del corte de servicio de agua asociado con la obra. Para el presente Proyecto se propone seleccionad el método ①, aunque la decisión final queda sujeta a la consulta con ENACAL con base en los resultados del estudio del tiempo de corte de agua y del análisis del espacio reservado para el by-pass.

Tabla 2.2.17 Método de renovación de las bombas

Método de ejecución	① Utilizar en lo posible la cimentación de hormigón existente.	② Acortar en lo posible el corte de agua mediante el uso de tubería de bypass.
Características	Ahorra el tiempo de perforar los orificios para insertar los pernos en la cimentación de hormigón de la nueva bomba. La obra consiste en retirar la bomba, cubrir la cimentación existente, colocar los pernos de anclaje químicos e instalar la nueva bomba. Al no trasladar la válvula existente, se produce el descentrado entre la boca de la bomba y el centro de la válvula al igual que ahora.	Es indispensable asegurar el espacio para instalar la tubería de bypass. Como obras provisorias se requiere instalar las tuberías, válvulas, cable de alimentación y una cimentación provisional. La obra incluye el traslado de la tubería y de la válvula existente, y la construcción de la base para la nueva bomba, por lo que se reduciría la excentricidad entre la válvula y la boca de la bomba.
Desventajas	Mayor pérdida en la refracción aumentando el riesgo de la fuga de agua.	La duración de la obra es más larga, y se requiere utilizar los materiales para obras provisorias (tuberías y válvulas), encareciendo las obras. Se requiere contratar el personal técnico capacitado y experimentado.
Duración del corte de agua	12 días	5 días
Duración total de la obra	17 días	34 días

2.2.2.4 Válvula de control de caudal

(1) Lineamiento básico sobre la válvula de control de caudal

A continuación se describe el lineamiento básico sobre la válvula de control de caudal.

- a) Esta válvula se ajustará a las especificaciones de la válvula instalada a la entrada del reservorio existente.
- b) Básicamente se propone comprar esta válvula en el mercado local, porque pocos productos japoneses se ajustan a estas especificaciones, además que el producto está disponible en el mercado local.
- c) La válvula tendrá una estructura que permita acomodarse en la caja de la válvula existente.

(2) Especificaciones de la válvula

ENACAL ha instalado las válvulas de control de caudal similar en los reservorios de Altamira y de KM8 C. Masaya. Por lo tanto, se propone seleccionar las válvulas de mismas especificaciones desde la perspectiva de operación y mantenimiento. Se utilizará la válvula piloto de regulación enclavada con el nivel de agua del reservorio y se instalarán las válvulas de mariposa antes y después de la válvula de control para facilitar el mantenimiento.

El diámetro de las tuberías existentes es de 350 mm. En todo caso, el diámetro se definirá en función del caudal medio y serán PN10.

El reservorio San Judas se ubica en el extremo del Sistema Managua I. La válvula de control de caudal debe resistir a la presión de agua que se produce por la diferencia de elevación de 45 m.

(3) Análisis de las obras de instalación

Para ejecutar las obras de instalación se requiere cortar temporalmente el servicio de agua. Se analizará el método y el calendario de ejecución en consulta con ENACAL procurando acortar en lo posible el tiempo de corte de agua. Considerando que el Proyecto incluye varias obras de un mismo sistema (instalación de las bombas de transmisión, etc.) cuya ejecución necesita cortar temporalmente el servicio de agua, se elaborará un plan de trabajo que minimice la frecuencia de corte de agua programando tales obras en las fechas cercanas.

2.2.2.5 Equipos de reparación de fugas

(1) Lineamiento básico sobre los equipos de reparación de fugas

A continuación se describe el lineamiento básico sobre los equipos de reparación de fugas.

- a) Se propone suministrar los equipos asumiendo que el puente acueducto existente no será renovado, sino que solo se repararán las fugas.
- b) Estos equipos deberán garantizar la seguridad de las estructuras reticulares existentes.
- c) Por ser la tubería principal de transmisión de agua, se debe seleccionar los productos que permitan ejecutar sin cortar el servicio de agua.

(2) Especificaciones de la banda de reparación de fugas

Se analizaron los equipos para la reparación de fugas con base en los resultados del estudio en campo. Las consideraciones que se tomaron en cuenta en el análisis son las siguientes.

- Utilizar en las obras sin corte de agua.
- Sellar completamente las fugas de agua.
- No afectar la carga del puente acueducto existente.
- No afectar la resistencia de las estructuras reticulares del puente acueducto (corte de retículas, etc.).

- Buena trabajabilidad
- Que se ajusta a las tuberías de transmisión existentes (diámetro 800 mm, de acero, PN10).

Como resultado del análisis de los equipos, se encontró que solamente los productos de los fabricantes japoneses satisfacen estos criterios, por lo que como política básica se suministrarán los equipos de las marcas designadas.

(3) Impacto a las estructuras reticulares existentes

El puente acueducto existente es un puente de estructura de retícula triangular de acero, en el que las tuberías de acueducto también sirven de miembros estructurales. Si bien es cierto que no ha sido posible obtener las hojas de cálculo estructural, el Equipo de Estudio procuró recabar información y procedió a evaluar el impacto del Proyecto a las estructuras reticulares con base en el plano de terminación y los planos de diseño. Cada equipo de reparación de fugas pesa 121.2 kg y se contempla instalar tres unidades sobre el puente acueducto, de modo que el peso total sumaría 363.6 kg. Como se puede ver son equipos sumamente ligeros. Con base en la información recogida, se analizó el impacto de la instalación de estos equipos sobre las estructuras reticulares, y se comprobó que no causaría ningún problema. Cabe recordar que la pintura del puente acueducto y la reparación del camino de acceso corresponden a Nicaragua, y el mantenimiento del puente acueducto (inspección y reparación de la obsolescencia, corrupción etc.) le corresponde a ENACAL.

2.2.2.6 Taller de electromecánica

(1) Lineamiento básico sobre el taller de electromecánica

El taller de electromecánica de ENACAL tiene más de 50 años de haber sido construido, y sus equipos están lejos de alcanzar el estándar internacional, como por ejemplo las máquinas herramienta que no garantizan el grado de precisión de trabajo requerido debido a su avanzado grado de obsolescencia, equipos de soldadura poco seguros, equipos de manejo de carga que pueden ser peligrosos al manejar cargas pesadas como las bombas, motores, etc. y que requieren de mayor fuerza laboral. Además, por su baja eficiencia, no se logra obtener la efectividad suficiente aún cuando se asignen las fuerzas laborales (personal técnico), afectando la gestión organizacional y las finanzas de ENACAL. Con el fin de subsanar esta situación, el Proyecto propone renovar los principales equipos y equipar con los instrumentos de medición y herramientas necesarias que permitirán fortalecer la capacidad general de reparación, inspección, evaluación de ensayos, etc. y de esta manera, mejorar la tasa de operación de las instalaciones existentes de ENACAL en general, a la par de contribuir a la gestión organizacional autónoma. Con base en lo anterior, a continuación se describe la política básica sobre el taller de electromecánica.

(a) Lineamientos generales sobre el taller de electromecánica

- El plan de equipamiento incluirá solamente los productos necesarios por la cantidad necesaria centralizándose en las funciones requeridas para los trabajos actuales y a modo de compactar el plan.
- Dado que el espacio disponible es limitado, se procurará ordenar el flujo de circulación no solo clasificando y ordenando los productos y su cantidad, sino también modificando la disposición de los equipos, a fin de mejorar la eficiencia de trabajo.
- En cuanto al contenido del plan de equipamiento, se definirán los productos necesarios por la cantidad necesaria, tomando en cuenta el contenido de las actividades de las instalaciones similares, así como el nivel técnico del personal de maneja y opera el taller.
- El plan será elaborado tomando en cuenta el perfil y la capacidad de las instalaciones existentes, y se excluirán o se minimizarán aquellos componentes considerados como incongruentes (taller automotriz, carpintería, etc.)

(b) Lineamientos específicos de la configuración de los equipos y los productos

- Se definirán los componentes y la cantidad que no afecten negativamente a los trabajos del taller sacando el provecho a las actividades realizadas hasta ahora (reparación y mantenimiento de las bombas, motores, paneles eléctricos, etc.; fabricación y provisión de componentes y miembros de las instalaciones; capacitación, etc.) y a la capacidad actual del taller. Se suministrarán las herramientas necesarias para la reparación y revisión completa ordinarias, así como máquina herramienta universal, horno de secado, etc. para poder completar todos los trabajos necesarios dentro del taller.
- Se evitará suministrar los equipos y las instalaciones que resulten excesivos desde la perspectiva de la coherencia con la infraestructura existente (área disponible y estructura actual), tales como la grúa viajera, disposición de servicios como tuberías de aire, etc.) con el fin de reducir los costos. Se incluirán los equipos de manejo de carga, etc. para solucionar el cuello de botella que inhiba la realización simultánea y paralela de varios trabajos, con el fin de lograr mayor eficiencia de gestión.
- Considerando que ENACAL tiene un elevado número de bombas y motores cuyos repuestos genuinos no están disponibles porque ya se han dejado de fabricar, se propone suministrar también el torno, fresadora y otras máquinas herramienta universales. Estos equipos permitirán fabricar los componentes imitando los componentes reales y de esta manera alargar la vida útil de los equipos e instalaciones de modelos antiguos.

(2) Descripción de los trabajos del taller de electromecánica

De los trabajos que se realizan en el taller de electromecánica, se analizaron los

procedimientos de la revisión completa de las bombas sumergibles y de los motores que son los trabajos más frecuentes. De acuerdo con la información recogida de las entrevistas, los trabajos y los equipos necesarios pueden ser resumidos de la siguiente manera.

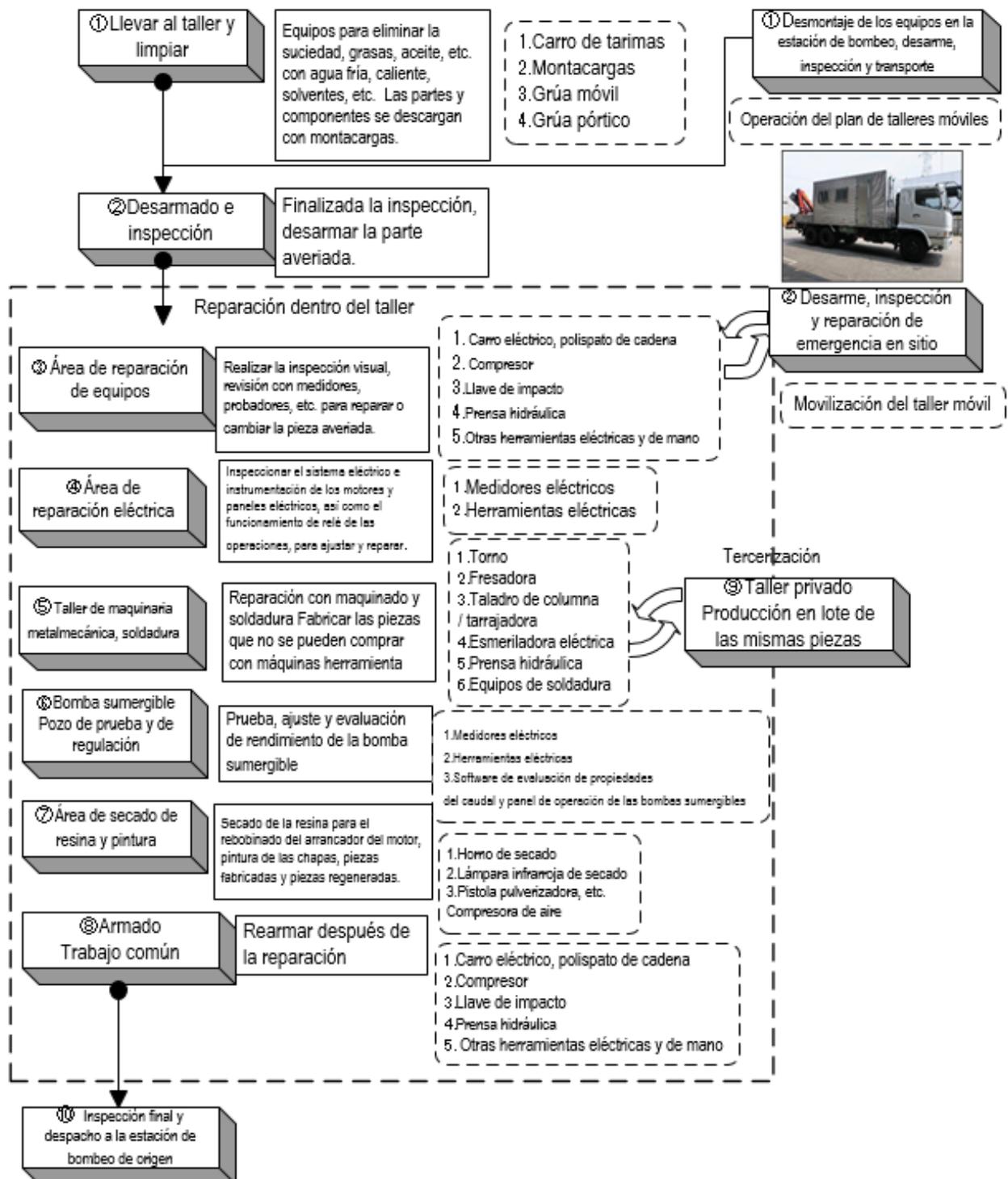


Figura 2.2.8 Descripción de los Trabajos del Taller de Electromecánica

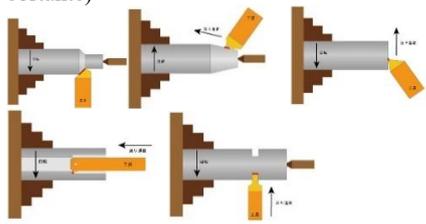
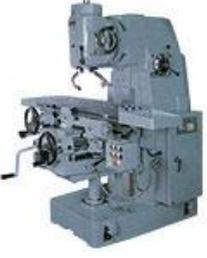
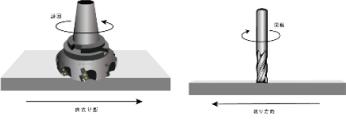
(3) Funciones de los principales equipos y descripción de trabajos

Como se indicó anteriormente, el actual taller de electromecánica no está funcionando

adecuadamente debido al avanzado grado de obsolescencia de los equipos existentes. Dada la dificultad de fabricar las piezas y componentes necesarios para la reparación de los equipos, el taller se ve obligado a contratar el servicio del sector privado. El costo anual suma en total entre 1,000,000 y 1,600,000 córdobas nicaragüenses (aproximadamente entre 3.14 y 5.02 millones de yenes al año). Además, para retirar la bomba averiada del pozo se necesita alquilar el camión con grúa. De esta manera el costo de operación es elevado lo que obstaculiza la sana administración del taller. De los equipos que se contemplan suministrar a través del presente proyecto, a continuación se describen los principales equipos seleccionados para reducir los costos mencionados, así como sus respectivas funciones.

Como se indica en la siguiente tabla, Al combinar las principales máquinas herramienta como son el torno, fresadora etcétera, con otros equipos de soldadura, herramientas eléctricas y herramientas de mano, sería posible fabricar las piezas que ya no se fabrican en el mercado por ser muy antiguas. En cuanto al taller móvil, se puede completar una serie de trabajos (traslado, carga y descarga, transporte y reparación en sitio) solo al contar con este vehículo. Por lo tanto, se propone renovar las máquinas herramienta existentes que por su obsolescencia no puede desplegar su verdadero rendimiento para recuperar el funcionamiento del taller, implementar un taller móvil para mejorar la eficiencia de la carga, descarga y transporte de las bombas, motores y otros equipos eléctricos en las estaciones de bombeo. Se propone acortar el tiempo de trabajo, mejorar la tasa de operación de las instalaciones y reducir el costo de operación del taller de electromecánica mediante el efecto sinérgico de estos dos componentes.

Tabla 2.2.18 Funciones de las principales máquinas herramienta y de los vehículos y descripción de trabajos

Máquinas	Principales funciones	Ejemplos de trabajos realizables
<p>1. Torno</p>  <p>Piezas y partes maquinables: Roscado interno y externo de los ejes, pernos, cubos, boquillas, niple, espaciador, anillos, bujes, manguitos, agujas, anillos, rondanas, casquillos, etc.</p>	<p>Torno (dispositivo en el cual se hace girar la pieza de trabajo contra una herramienta cortante)</p> 	<p>Ejemplos de trabajo del torno universal y taladradora</p> 
<p>2. Fresadora</p>  <p>Piezas y partes</p>	<p>Corte del exterior e interior del material, roscado, etc.</p> 	<p>Ejemplos de trabajos principalmente con la fresadora y parcialmente con el torno, etc.</p> 

Máquinas	Principales funciones	Ejemplos de trabajos realizables
<p>maquinables:</p> <p>Engranaje, bridas, stay, soporte, colgador, acoplamiento, bisagra, tubo de carcasa, carcasa, impulsor, dissipador de calor, juntas, placas, etc. Al combinar con otros trabajos (torno, soldadura, rectificación/pulido, perforación /conexión, descarga) es posible fabricar las partes complejas y variadas.</p>		<p>Ejemplos de trabajos principalmente con fresadora y parcialmente con soldadura</p> <p>Estructuras trabajadas con el torno, fresadora y soldadura</p>
<p>3. Taller móvil</p>	<p>Principal equipamiento: grúa, espacio de trabajo, herramientas básicas, herramientas eléctricas, planta eléctrica diésel/ equipos de soldadura, compresora de aire, etc.</p>	<p>Vehículo multifuncional capaz de realizar los siguientes trabajos.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Traslado al sitio de obra 2. Izado, carga y transporte de la bomba y del motor averiados. 3. Capacidad de la grúa telescópica trasera 2.5 TM/3.9 m 4. Capacidad de carga 5 TM 5. Descarga en el taller 6. Reparación en sitio, lavado de las partes (aire y aceite de lavado) y revisión completa en el espacio de trabajo y con las herramientas equipadas

(4) Impacto esperado de los equipos por suministrar

El mejoramiento del taller de electromecánica permitirá fabricar incluso las piezas y componentes que no han sido posible fabricar con las máquinas herramienta existentes por su bajo grado de precisión, y se espera lograr los siguientes impactos.

Tabla 2.2.19 Impacto Esperado del Suministro de los Equipos

Parámetros	Contenido	Observaciones
1. Uso efectivo de los equipos existentes (bombas, motores, etc.)	<ol style="list-style-type: none"> 1) La fabricación de las piezas y componentes de las bombas y modelos que ya no se producen en el mercado, permite rehabilitar los equipos que habían sido abandonados por falta de piezas y componentes. 2) La fabricación de las piezas y componentes que se desgastan rápidamente o que se dañan frecuentemente debido a la reiterada carga y que son difíciles de obtener (necesidad de importar del exterior, precio alto, escasez de existencias, etc.), permitirá mantener la operatividad de los equipos. Ejemplo: Eje de la bomba, anillo de rodadura, rondana, manguito, etc. 3) Mejor usabilidad al incorporar nuevos ingenios (mejor operatividad al mejorar o agregar palancas, manivela, etc.) 	La mayoría de los equipos existentes de ENACAL no puede recibir el servicio de mantenimiento o de provisión de piezas y repuestos debido a que data de más de 20 o 30 años desde que han sido comprados.
2. Remodelación y	1) La fabricación propia de las piezas necesarias permitirá remodelar flexiblemente la tubería y cableado (cambio de	En la actualidad pocos caudalímetros y manómetros

Parámetros	Contenido	Observaciones
mejora de las estaciones de bombeo y de las instalaciones de instrumentación	brida, instalación de cubos, bujes, etc. para instrumentación) y ampliar las tuberías e instalación de los equipos de instrumentación (instalación de stay, soporte, colgador, bastidor para el sistema de retención). 1) Responder a la reparación y remodelación de los paneles eléctricos y de instrumentación (fabricación de stay de instalación, disipador de calor para libración térmica, manguitos, separadores, etc.)	están operando correctamente en las estaciones de bombeo, y su operación depende de las experiencias e intuición de los operadores. Se recomienda iniciar los trabajos sencillos como instalación de manómetros de Bourdon.
3. Reducción del costo de reparación y reducción del tiempo de reparación y de revisión completa	2) Se reducirá considerablemente el costo de tercerización ya que se reducirán los pedidos para la fabricación de piezas únicas o en pequeño lote. 3) En el caso de fabricación interna, solo se requieren desembolsar el costo de materiales, servicios públicos (energía eléctrica, etc.) y gastos del personal. En cuanto a los gastos del personal, es posible atender con el personal habilitado existente sin la necesidad de ampliar la planta del personal. 4) El uso de los dispositivos de medición y equipos de instrumentación junto con los nuevos equipos de alto grado de precisión, se reducirá la tasa de productos defectuosos, pudiendo ahorrar el costo de materiales y reducir la tasa de reprocesamiento. 5) Maquinado de las piezas	Por lo general, el costo de tercerización para la fabricación de una sola pieza se calcula en función del tiempo requerido, está en el orden de US\$ 1/min (la mayor parte del costo consiste en la depreciación y el costo de mantenimiento de las instalaciones, mientras que los gastos de materiales, personal y servicios son relativamente pocos). Concretamente, los tubos sencillos cuestan US\$ 60, y lo productos compuestos por varios procesos cuestan US\$ 500.
4. Mayor eficiencia de trabajo con el uso del taller móvil	1) Reducción del tiempo de trabajo al incorporar un ciclo de trabajo coherente. 2) Eficiencia de energía y reducción de la mano de obra relacionada con el manejo y transporte de cargas 3) Fortalecimiento del sistema de reparación, operación y mantenimiento a través del mecanismo de respuesta inmediata en el sitio.	No es necesario gastar en el alquiler de grúas o camiones de transporte.
5. Contribución a la utilización del personal técnico, acumulación de las técnicas y conocimientos de reparación, y a la seguridad laboral	1) El mejoramiento del grado de precisión de trabajo contribuirá a mejorar la eficiencia de trabajo y a fortalecer la motivación del personal técnico. 2) Se logrará ahorrar la fuerza laboral en el manejo y transporte de cargas, a la par de establecer un procedimiento coherente de trabajo, contribuyendo a mayor seguridad de los trabajadores. 3) Al eliminar el papeleo necesario para tercerización, incluyendo la preparación de planos y dibujos, fecha de entrega dependiente del tercero, etc. se eliminarán todos los procedimientos complejos y se acortará el período de fabricación. 4) La fabricación de las piezas únicas depende en gran medida de las experiencias e intuición de los operarios técnicos. Al encargar este trabajo al personal técnico exclusivo de ENACAL, no solo ellos aprenderían las técnicas necesarias de procesamiento, sino que además se acumularán las técnicas y conocimientos en el interior del taller contribuyendo a mejorar el nivel de los recursos humanos incluyendo el aspecto moral.	Actualmente se están utilizando con dificultades las máquinas herramientas desgastadas que presentan un gran margen de error, dándoles mantenimiento diario. Esta situación impacta no solo el aspecto de costos sino también la mentalidad de los trabajadores, como por ejemplo, la fatiga que sienten cuando están trabajando bien un producto pero que por desfase repentino de la hoja de corto, se echa a perder el producto.

(5) Equipos por ser suministrados al taller de electromecánica

En la siguiente Tabla 2 20 se presenta la lista de los equipos que deben ser suministrados según áreas, así como su configuración, preparada con base en los resultados del estudio del nivel de obsolescencia de los equipos existentes de ENACAL, su funcionalidad, así como del intercambio con el personal a cargo. Los equipos por suministrar se clasifican en cuatro grandes grupos: manejo de cargas, maquinado, instalaciones eléctricas y taller móvil.

Tabla 2.2.20 Registro de los Cortes de Electricidad (julio de 2021)

No.	Áreas	Configuración	Especificaciones	Cantidad	Observaciones
1	Manejo de cargas	1)Carro eléctrico /polipasto de cadena	Peso de izado 5 TM	1 unidad	Para la descarga de las bombas sumergibles que necesitan ser reparados o probados / instalación en la fosa de prueba
		2) Grúa pórtico pequeño	Peso de izado 3 TM	1 unidad	Para el izado de las cargas pesadas (bombas, motores) dentro del taller.
		3) Grúa móvil de piso	Peso de izado 1 TM	1 unidad	Para el izado de las cargas ligeras (piezas de reparación, materiales) dentro del taller.
		4)Dispositivos de eslingaje	Eslinga de nilón, cable, grillete, etc.	Varios juegos	Para el eslingaje utilizando las grúas.
		5) Equipos auxiliares de transporte	Tarimas, gato para tarimas, carro transportador, etc.	1 juego	Equipos de apoyo para el transporte de cargas dentro y fuera del taller.
2	Maquinado	1) Presión hidráulica	489N, mediano	1 unidad	Ajuste a presión del cojinete, desarmado de las partes adheridas, etc.
		2) Torno universal	1,000 mm aprox. entre los centros	1 unidad	Reparación y fabricación de piezas giratorias de las bombas.
		3)Mandril, herramientas cortantes, etc.	Se definirán los detalles en un estudio adicional	1 juego	Ídem
		4) Fresadora universal		1 unidad	Corte de las piezas de trabajo con cortadora.
		5) Prensa para fresadora (base giratoria) y herramienta de corte para fresadora	Cortadora, sierra para metal, fresa lateral, smooth cutter, fresa de engranaje,	1 juego	Herramientas exclusivas para el maquinado anterior.
		6) Taladro de columna/ tarrajadora	Diámetro de orificio 32mm Diámetro de roscado M16	1 unidad	Perforación / roscado de acero
		7) hojas de corte de taladro, prensas	Hojas de corte de taladro, hojas de tarrajadora, prensa de fijación	1 juego	Perforación de pequeños orificios en acero
		8) Taladradora de mesa / accesorios	Diámetro de orificio 13mm	1 juego	Para trabajos ligeros
		9) Cortadora de alta velocidad / accesorios	Barras de acero, diámetro de corte 75mm	1 juego	Acero para mecanizado
		10) Equipo de soldadura del motor diésel	10kVA, 280A	1 unidad	Para diferentes tipos de soldadura dentro y fuera del edificio
		11) Barras de soldadura, herramientas, protectores	Cables, barras de soldadura, máscara protectora, etc.	1 juego	Ídem
		12) Juego de soplete de corte a gas / accesorios	Regulador, sopletes, protectores, etc.	1 juego	Mecanizado de acero, soldadura de arco, soldadura por puntos
		13) Cilindros de acetileno y de oxígeno	Para el rellenado, con carro	1 juego	Ídem
		14) Herramientas de mano y estuches	Llaves, destornilladores, herramientas de medición	1 juego	Herramientas básicas indispensables y dispositivos de medición
		15) Herramientas de mano universales y especiales, herramientas grandes	Llaves de tubo, cortadoras de tornillos, llave fija, etc.	Varios juegos	Para los trabajos ordinarios en el taller
		16) Herramientas eléctricas universales/ accesorios	Esmeriladora (de mesa, de mano), sierra circular	1 juego	Ídem

No.	Áreas	Configuración	Especificaciones	Cantidad	Observaciones
2	Maquinado	17) Compresora de aire	11kW, 0.95Mpa	1 unidad	Para el lavado de piezas con aire, fuente de aire para mejorar la eficiencia de trabajo
		18) Accesorios y herramientas para compresora de aire	Mangueras, llave de impacto, pistolas de aire	1 juego	Para trabajos con compresora de aire
		19) Horno de secado de pintura	Capacidad: 1m ³ aproximadamente.	1 unidad	Para el secado y curado de resina después del rebobinado del motor
		20) Lámpara infrarroja de pie para el secado	4 lámparas	1 unidad	Ídem
		21) Herramientas de medición	Calibre pie de rey, micrómetro, medidor de altura, etc.	2 juegos	Para las mediciones en los trabajos de reparación y mecanizado de piezas
		22) Medidores electrónicos	Medidor de vibración, distanciómetro láser, termómetro	1 juego	Para el monitoreo de la operación del motor
		23) Llaves de torsión	Para diferentes gamas de apriete y diferentes tamaños	2 juegos	Revisión del par de apriete (torque) de los pernos
3	Obras eléctricas	1) Probadores de circuitos (analógicos)	Tensión CA/CD, corriente CD, resistividad	2 unidades	Para las mediciones eléctricas generales
		2) Multímetros digitales	Tensión y corriente CA/CD, resistividad	2 unidades	Ídem
		3) Amperímetro de pinza	Corriente CA/CD, resistividad, frecuencia	4 unidades	Ídem
		4) Probador de resistencia de aislamiento	500V/1000M	4 unidades	Ídem
		5) Detector de secuencia de fase	Para la medición de dirección de rotación de la fuente de alimentación del sistema trifásico de tres líneas	2 unidades	Ídem
		6) Medidor de resistencia de tierra	Para la medición de la resistencia de tierra en las obras de toma de tierra	1 unidad	Ídem
		7) Electroscopio (baja tensión)	Para detectar la existencia de cargas eléctricas	Varias unidades	Ídem
		8) Electroscopio (alta tensión)	Ídem	2 unidades	Ídem
		9) Herramientas de mano (pequeñas)	Alicates, tenazas, pinzas, etc.	Varios juegos	Herramientas básicas indispensables para las obras eléctricas
		10) Herramientas de mano (grandes)	Cortador de cables, cortador de pernos	Varios juegos	Ídem
		11) Taladro eléctrico	Portátil y manual	2 unidades	Para las obras eléctricas
		12) Taladros eléctricos accionados con batería	Ídem	2 unidades	Ídem
		13) Destornilladores de impacto	Ídem	2 unidades	Ídem
		14) Set de sierras para perforación	Aditamientos para taladro eléctrico	3 juegos	Para las obras de los paneles eléctricos
		15) Perforadora hidráulica	Perforación hidráulica	1 juego	Para las obras eléctricas
		16) Lámpara Flashlight LED (recargable)	Unidad principal, cargador, batería, etc.	5 juegos	Ídem
		17) Cortadora portátil de plasma	Para cortar chapas metálicas, con compresora de aire,	1 unidad	Para las obras eléctricas

No.	Áreas	Configuración	Especificaciones	Cantidad	Observaciones
3	Obras eléctricas	18) Equipo de soldadura de arco (compacto)	Con accesorios	1 unidad	Ídem
		19) Set de soldadura autógena	Ídem	2 juegos	Ídem
		20) Soldador	Con alambre de soldadura con resina	1 unidad	Ídem
		21) Soldador tipo pistola	Ídem	2 unidades	Ídem
		22) Set de herramientas eléctricas (básicas)	Manual	5 juegos	Herramientas de mano para los trabajos en sitio
		23) Set de herramientas (aplicación)	Juegos completos	2 juegos	Herramientas fijas del taller
		24) Herramientas de medición	Calibre pie de rey, micrómetro, medidor de altura, etc.	1 juego	Para las mediciones en los trabajos de reparación y mecanizado de piezas
		25) Medidores electrónicos	Medidor de vibración, distanciómetro láser, termómetro	1 juego	Para el monitoreo de la operación del motor
4	Vehículos	1) Talleres móviles Vagón de aluminio montado en camión, con grúa de 3 TM.	Grúa monorraíl interna, grupo electrógeno, equipo de soldadura, compresora de aire herramientas de mano y mesa de trabajo	1 unidad	Mantenimiento preventivo de pozos, desmontaje, reparación y transporte de motores. Una unidad para la sede de ENACAL, y otra unidad para el giro en el país, en total 2 unidades.
		2) Montacargas	Capacidad de carga 4 TM, motor 60kW	1 unidad	Para la carga y descarga en el taller y para el transporte

2.2.2.7 Equipos que contribuyen a la reducción de ANF

A continuación se describen el lineamiento básico sobre los equipos que contribuyen a la reducción de ANF.

- a) Equipos necesarios para la reducción del ANF impulsada por el Departamento de ANF Física de ENACAL.
- b) Equipos cuyo método de operación es muy conocido por el personal del Departamento de ANF Física de ENACAL.
- c) Equipos necesarios para replicar a nivel nacional las actividades de reducción de ANF del Departamento de ANF Física de ENACAL.
- d) Equipos reparables dentro de Nicaragua.

En la Tabla 2.2.21 se presentan los equipos de reducción de ANF que se contemplan suministrar. Considerando que los equipos a ser suministrados serán utilizados por el Departamento de ANF de ENACAL, se propone seleccionar los equipos cuyas técnicas de operación han sido transferidas por la Cooperación Técnica tipo Proyecto y cuyas utilidades han sido adecuadamente comprendidas por el personal. Tomando en cuenta la facilidad de mantenimiento, se les dará prioridad a los fabricantes de los equipos que tengan representantes en Nicaragua capaces de reparar los equipos.

Tabla 2.2.21 Lista de los equipos por suministrar (equipos de reducción de ANF)

No.	Equipos	Cantidad
1	Detector digital de fugas (para las tuberías de distribución)	2 unidades
2	Barras de perforación	4 unidades
3	Tipo correlación multipunto (con PC laptop incluida)	2 unidades
4	Caudalímetro ultrasónico	2 unidades
5	Detector de fugas (para tuberías terciarias y medidores de agua)	4 unidades
6	Cortadora manual de hormigón (asfalto)	2 unidad
7	Bomba de drenaje	2 unidad

(1) Detector digital de fugas (para las tuberías de distribución)

El bastón de escucha es un equipo indispensable para la detección de fugas, pero para su manejo es importante las experiencias del usuario y la capacidad de escucha, tanto es así que es posible que la fuga no sea detectada dependiendo de la capacidad del usuario. La visibilización del ruido de permite detectar las fugas incluso por los usuarios poco experimentados. Por lo tanto, en el presente Proyecto se propone suministrar los detectores digitales de fugas de agua. Se seleccionarán los equipos con filtros para poder trabajar con tuberías de distintos materiales.

(2) Barra de perforación

La barra de perforación sirve para perforar los lugares con sospecha de fugas. Es un equipo utilizado para realizar perforaciones rápidas y sencillas. Se suministrará la barra de 1.5 m de profundidad considerando que las tuberías de distribución están enterradas a menos de 2 metros de profundidad.

(3) Detector de fugas tipo correlación multipunto

Considerando la eficiencia del trabajo de detección de las fugas y la capacidad técnica del personal de ENACAL, se suministrará el detector tipo correlación multipunto en lugar de correlación de dos puntos. Se suministrarán más de ocho registradores tomando en cuenta la escala de trabajos de detección de fugas que realiza el Depto. de ANF de ENACAL. Los detectores tipo correlación deberán satisfacer las normas establecidas por la Ley de Radio de Nicaragua.

(4) Caudalímetro ultrasónico

El caudalímetro ultrasónico es un equipo necesario para medir el volumen de agua distribuida que entra y sale en DMA durante las actividades de reducción de ANF, así como para medir el caudal mínimo nocturno. El diámetro será de 50 mm – 500 mm tomando en cuenta el diámetro de las tuberías de distribución existentes, adaptable a diferentes materiales de tubos, desde hierro dúctil, acero, HDPE hasta PVC.

(5) Detector de fugas (para tuberías terciarias y medidores de agua)

El detector de fugas (para tuberías terciarias y medidores de agua) sirve para detectar el ruido

de fuga en las tuberías terciarias y alrededor de los medidores de agua para suministrar el agua a domicilio. Al igual que los detectores de fugas para tuberías de distribución, se suministrarán los equipos digitales para que incluso los operadores sin experiencias puedan detectar las fugas. El equipo tendrá también el filtro de ruidos.

(6) Cortadora manual de hormigón (asfalto)

Sirve para cortar el asfalto para ejecutar las reparaciones de las fugas. Se suministrará el cortador con motor considerando que el Depto. de ANF de ENACAL no cuenta con el grupo electrógeno, etc.

(7) Bomba de drenaje

Para reparar las fugas, se necesita excavar el tramo en cuestión, y bombear el agua infiltrada para prevenir la contaminación del sistema de distribución a la par de facilitar la obra de reparación. El Proyecto propone suministrar las bombas de drenaje para evacuar el agua durante la reparación. Al igual que la cortadora de hormigón, la bomba de drenaje estará equipada del motor, y tendrá un diámetro de 100 mm, elevación máxima de 20 m, y maguera de drenaje de 50 m.

2.2.3 Dibujos de Diseño Preliminar

Los Dibujos de diseño preliminar se adjuntan al final de este Informe.

Tabla 2.2.22 Lista de dibujo

Número de los planos	Títulos
001	Diagrama monolineal de variador
002	Diagrama de flujo de instrumentación del variador
003	Plano esquemático de la sala de operación del variador
004	Plano esquemático de la sala de operación del variador
005	Plano esquemático de tendido de tuberías del reservorio
006	Plano de montaje referencial de los equipos de reparación de fugas
007	Plano esquemático del taller de electromecánica

2.2.4 Plan de Suministro / Plan de Instalación

2.2.4.1 Política de suministro / instalación

A continuación, se describen los aspectos básicos que se aplicarán en el caso de ejecutar el presente Proyecto de Cooperación.

- El Proyecto de Cooperación será ejecutado en el marco de la Cooperación Financiera No Reembolsable del Japón, después de suscrito el Canje de Notas (C/N) y el Acuerdo de

Donación (A/D) entre los gobiernos de Nicaragua y del Japón para la ejecución de la Cooperación Financiera No Reembolsable.

- El organismo ejecutor del Proyecto de Cooperación será ENACAL.
- El servicio de consultoría que incluye el Diseño Detallado, servicios relacionados con la licitación, y la supervisión de adquisición relacionados con el presente Proyecto de Cooperación, será ejecutado por una firma consultora japonesa, conforme el acuerdo de servicio de consultoría que se firme con el Gobierno de Nicaragua.

Las políticas básicas del suministro e instalación del presente Proyecto de Cooperación son las siguientes.

- La política de suministro de los equipos del presente Proyecto consiste en suministrar los equipos de buena calidad y resistentes. Los equipos a ser suministrados, serán básicamente japoneses, mientras que las tuberías y las válvulas del nuevo reservorio de agua prefabricado serán comprados en el mercado local al igual que las utilizadas en los reservorios existentes.
- Los equipos suministrados serán transportados a los lugares previamente designados, y se inspeccionará el correcto funcionamiento para ser entregado al organismo ejecutor nicaragüense. Los equipos que requieren ser instalados, necesitan de una gestión completa del proceso y calidad que incluyen desde la revisión de los sitios de instalación, diseño, fabricación, transporte e instalación de los equipos. Además, se requiere que el proveedor garantice la calidad de los equipos instalados hasta constatar su correcto funcionamiento.
- Para aquellos equipos que necesiten de las obras de instalación y de la capacitación en la operación inicial, se programará el envío del personal técnico del fabricante.
- Las obras de instalación y las obras complementarias serán ejecutadas, en lo posible, por los subcontratistas locales. De no ser posible, se contratará la mano de obra de un tercer país o del Japón, la opción que sea más segura y económica, con la condición de que se asegure la calidad y la capacidad de suministro requerida. Cabe recordar que para la ejecución de obras de instalación y de las obras complementarias, se adoptarán los métodos más apropiados para las condiciones naturales locales, incluyendo el clima, topografía, geología, etc. En particular, los equipos de reparación de fugas serán instalados en la época seca considerando la necesidad de ejecutar las obras provisionales en el río.
- En virtud de la gran variedad de los equipos que requieran de las obras de instalación y obras complementarias, el suministrador deberá permanecer en Nicaragua para dar un cabal control y gestión del proceso y de seguridad. Asimismo, se adoptarán en lo posible los métodos de ejecución más sencillas y ordinarias que no requieran de equipos o técnicas especiales.

2.2.4.2 Consideraciones a tomarse en cuenta para el suministro e instalación de los equipos

Los meses de mayo a octubre corresponden a la época de lluvias en Nicaragua. De los equipos a ser suministrados por el presente Proyecto, los equipos para la reparación de fugas que sirven para reparar el puente acueducto, requieren construir el andamio sobre el río para su instalación. Esto sugiere la necesidad de instalar los equipos para la reparación de fugas en la época seca, entre noviembre y abril. Mientras tanto, los demás equipos pueden ser instalados a lo largo del año. En todo caso se debe diseñar el calendario de trabajo que sea económico, y que garantice la seguridad y la fluidez de las obras, reducir la necesidad de construir las obras provisionales para la instalación de los equipos y ejecución de las obras complementarias.

2.2.4.3 División de responsabilidades de suministro / instalación de los equipos

A continuación se presenta la división de responsabilidades entre ambos gobiernos.

Tabla 2.2.23 División de responsabilidades entre ambos gobiernos

No	Equipos	Japón	País receptor
1	Variadores	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Instalación de la caseta de panel ➤ Variadores Instalación del variador ➤ Tendido de cables ➤ Instalación del medidor de presión de agua 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Reserva del espacio de instalación ➤ Preparación de la tierra
2	Bombas de transmisión de agua	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Obras de instalación (bomba, motor, panel, válvulas, tubería) ➤ Obras de cimentación (bomba, motor, panel) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tendido de la tubería de conexión ➤ Tendido de cables ➤ Desmontaje de los equipos existentes
3	Reservorio de agua prefabricado	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Obras de cimentación ➤ Obras de instalación ➤ Tendido de tuberías (conexión con las tuberías existentes) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Solicitud de EIA (actualización) ➤ Monitoreo de EIA ➤ Movimiento de tierra (preparación de la tierra)
4	Equipos de reparación de fugas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Obras provisorias (andamios) ➤ Obras de instalación 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Obtención del permiso de uso del camino ➤ Limpieza de alcantarilla ➤ Pintura ➤ Reparación del camino de acceso
5	Taller de electromecánica	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Obras de cimentación para las grúas y equipos ➤ Obras de instalación 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Almacenamiento y control de existencias de las herramientas de mano, de medición y de los medidores electrónicos ➤ Instalación y almacenaje de herramientas eléctricas ➤ Desmontaje de los equipos existentes ➤ Ampliación del sistema de recepción de energía
6	Componentes comunes		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Obtención de los permisos necesarios ➤ Trámites de despacho aduanero y exención de aranceles

2.2.4.4 Planes de supervisión de adquisiciones / instalación

La firma consultora japonesa se hará cargo del diseño de ejecución, servicios relacionados con la licitación y la supervisión y adquisición, conforme el acuerdo de servicio de consultoría firmada con el gobierno de Nicaragua.

(1) Diseño de Ejecución

A continuación se describen los principales servicios de Diseño Detallado que serán asumidos por el Consultor.

- Discusiones de inicio de trabajo con el organismo ejecutor nicaragüense y el estudio en campo
- Elaboración del Diseño Detallado y de planos de licitación
- Estimación de costos del Proyecto

La fase de Diseño Detallado tendrá una duración de aprox. 2.5 meses.

(2) Servicios relacionados con la licitación

A continuación se presentan los principales trabajos desde el anuncio público de la licitación hasta la firma del contrato de ejecución de obras.

- Elaboración de las bases de licitación (paralelamente con el Diseño Detallado)
- Anuncio público de licitación
- Precalificación de los oferentes
- Licitación
- Evaluación de las ofertas
- Asistencia al proceso de contratación

La fase de los servicios relacionados con la licitación tendrá una duración de aprox. 4.0 meses.

(3) Supervisión de adquisiciones

El Consultor supervisará que el Contratista cumpla con la gestión adecuada de la calidad y proceso de suministro de los equipos, a la par de inspeccionar la correcta instalación y ajustes de los equipos entregados.

Para implementar el presente Proyecto se requiere de la supervisión de las obras de instalación y de las obras complementarias para los equipos a ser suministrados. En particular, es necesario gestionar plenamente la seguridad durante la instalación de los equipos, ya que estas obras incluyen las obras de ingeniería, arquitectónica, obras provisionales e incluyen trabajo en altura.

A continuación, se describen los principales trabajos relacionados con la supervisión del suministro de los equipos.

- Discusiones con el contratista de suministro
- Inspección presenciada previa a la expedición y al embarque, confirmación del embarque
- Debate con ENACAL y otros organismos relevantes
- Revisión de los sitios de obras a cargo del gobierno de contraparte
- Seguimiento al proceso de suministro de los equipos
- Revisión y seguimiento al avance de los trámites de despacho aduanero de los equipos
- Inspección de los equipos, supervisión de las obras de instalación e inspección presenciada
- Emisión de los certificados
- Entrega de los informes, etc.

La fase de los servicios relacionados con el suministro de los equipos tendrá una duración de aprox. 15.0 meses.

Para la supervisión de suministro de los equipos serán nombrados un supervisor técnico japonés permanente y un técnico de obras (contratación local). El supervisor se hará cargo de asistir el inicio de obras, inspección a la terminación de obras, etc. Para la inspección de los defectos, se enviará otro personal ingeniero.

2.2.4.5 Plan de gestión de calidad

Antes de iniciar la fabricación de los equipos, se organizará una reunión entre el proveedor y los fabricantes con el fin de agotar discusiones sobre las especificaciones, método de gestión de calidad, etc. de cada uno de los equipos. Antes de embarcar los equipos, estos serán sometidos a una inspección en fábrica con presencia del proveedor, para revisar los ítems, cantidad, etc. a la par de obtener la garantía de calidad, rendimiento, etc. Los equipos deberán ser embalados con suma precaución para no ser dañados durante el transporte. En particular, en lo que respecta al transporte interno en Nicaragua después de llegar al puerto local, se obtendrá de antemano de la empresa contratada el método y el calendario de transporte.

Los equipos deberán ser almacenados en lugares apropiados evitando los lugares de alta temperatura y expuestos a polvos, etc. El personal responsable de la empresa dará seguimiento y acompañamiento constante. Por otro lado, los equipos instalados serán sometidos al mantenimiento, inspección y prueba de operación, y el contratista deberá estar preparado para responder inmediatamente al defecto encontrado. Las variables de gestión de calidad de los equipos estarán indicadas en sus respectivas especificaciones. En todo caso, a continuación se presenta la lista de los aspectos prioritarios de verificación.

Tabla 2.2.24 Lista de Control de Calidad de los Equipos

Equipos	Aspectos por inspeccionar
Reservorio (incluyendo el tendido de tuberías)	Revisión de fugas, capacidad del tanque, drenaje, revisión de las tuberías de entrada y salida
Equipos de reparación de fugas	Revisión de fugas
Taller de electromecánica	Revisión de la operatividad de los equipos y máquinas, izado de la carga especificada, fuga de aceite hidráulico
Talleres móviles, montacargas	Revisión de dimensiones y de la operatividad, fuga de aceite hidráulico, operatividad de los vehículos, etc.
Variadores	Revisión del control de operación con variador, caudal, presión de agua, voltaje, etc.
Bombas de transmisión de agua	Revisión de la vibración, calentamiento, presión, etc. haciendo operar las bombas por un determinado tiempo.
Válvula de control de caudal	Revisión del caudal y de la presión
Equipos que contribuyen a la reducción de ANF	Revisión de la operatividad de los equipos y de los vehículos

La revisión de estos aspectos será ejecutada en presencia del Contratista y del Consultor antes de iniciar la capacitación en operación inicial. También se hará una nueva revisión durante la inspección de defectos. Además de los aspectos antes indicados, se revisarán si existe o no las ralladuras, dimensión, rendimiento de combustible, ruidos anormales, funcionamiento de cada uno de los medidores, repuestos, etc.

Para las obras complementarias asociadas a la instalación se requiere controlar la calidad de los siguientes aspectos.

- Hormigonado
- Obra de hormigón armado y encofrado
- Construcción de la caseta de variador

Las obras complementarias serán ejecutadas subcontratando una empresa constructora local. A continuación se presenta el plan de gestión de calidad de las obras de hormigón, como un ejemplo representativo. Se debe agotar las discusiones y brindar instrucciones al subcontratista para cumplir adecuadamente con la gestión de calidad.

Tabla 2.2.25 Control de Calidad de los Materiales Utilizados en las Obras de Instalación

VARIABLES	Elementos a ser inspeccionados	Método de ensayo (especificaciones)	Frecuencia de inspección
Aditivos	Análisis de calidad	ASTM C494	Un ensayo antes del mezclado experimental, y posteriormente, cuando se considere necesario (lista de laminación).
Hormigón	Ensayo de asentamiento	AASHTO T119	Una vez/75m ³ o por cada tramo de hormigonado
	Ensayo de contenido de aire	AASHTO T121	Una vez/75m ³ o por cada tramo de hormigonado
	Ensayo de resistencia a la compresión	AASHTO T22	Seis muestras por cada tramo de hormigonado. Cuando el tramo es grande, seis muestras por cada 75 m ³ (tres muestras de resistencia a los 7 días, y tres muestras de resistencia a los 28 días)
	Eje de la bomba	ASTM C1064	Una vez/75m ³ o por cada tramo de hormigonado

2.2.4.6 Plan de suministro de equipos y materiales

Los equipos, como regla general, serán comprados en Japón o en Nicaragua. La lista de los equipos a ser suministrados incluye también los equipos de terceros países, pero que pueden ser adquiridos a través de su representante en Japón o Nicaragua. En la Tabla 2.2.26 se presenta la justificación de selección de los mercados de los equipos se presenta el.

Tabla 2.2.26 Justificación de Selección de los Mercados de los Equipos

No.	Equipos	Mercados	Justificación de selección
1	Reservorio	Japón	El reservorio armado con paneles modulares de acero inoxidable que no requieren de mantenimiento es una tecnología japonesa. Dada la dificultad de comprar este tanque en Nicaragua, se comprará en Japón.
	Tuberías y válvulas	Nicaragua	Las tuberías y válvulas de los reservorios existentes son productos adquiridos en Nicaragua por ENACAL. Por lo tanto, las tuberías y las válvulas del nuevo reservorio también serán compradas en Nicaragua.
2	Equipos de reparación de fugas	Japón	La banda de reparación de fugas es también una de las tecnologías japonesas, y se propone comprar en Japón debido a la dificultad de comprar en Nicaragua. En la capacitación en Japón impartida en el marco de la Cooperación Técnica tipo Proyecto, los oficiales de ENACAL visitaron la fábrica y buscaron la posibilidad de comprar estos productos, lo cual no se materializó debido a la falta de presupuesto de ENACAL.
3	Taller de electromecánica	Japón/ Nicaragua	<p>【Equipos de manejo de cargas】 Estos equipos son utilizados combinando diferentes componentes. Se propone comprar en paquete por la necesidad de garantizar la coherencia de las especificaciones (rendimiento, capacidad, etc.) El polipasto de cadena tipo carro eléctrico requiere de la obra de cimentación para su instalación. Se contratará el servicio local solo para ejecutar la base y las columnas.</p> <p>【Equipos de maquinado】 Estos equipos son utilizados combinando diferentes componentes. Se propone comprar en paquete por la necesidad de garantizar la coherencia de las especificaciones (rendimiento, capacidad, etc.) Para la instalación del torno universal, la fresadora, y otros equipos pesados se propone ejecutar las obras bajo la instrucción de un ingeniero enviado de Japón, incluyendo los ajustes de los equipos.</p> <p>【Equipos eléctricos】 Estos equipos, incluyendo el analizador de propiedades de caudal de la bomba sumergible, son utilizados combinando diferentes componentes y sistemas. Se propone comprar en paquete por la necesidad de garantizar la coherencia de las especificaciones (rendimiento, procedimientos, etc.) Sin embargo, las tuberías y las válvulas del analizador de la bomba sumergible serán compradas en Nicaragua.</p> <p>【Vehículos de apoyo】 Los talleres móviles con grúa son vehículos con equipamiento especial. Se decidirá dónde comprar dependiendo del diseño y de la garantía de calidad. Los montacargas serán comprados en Nicaragua por estar disponible en el mercado local.</p>
4	Variadores	Japón/ Nicaragua	En el caso de averiarse el variador, por lo general, se sustituye completamente la tarjeta de variador, y no es usual la sustitución parcial. Dado que no existe un fabricante de variadores en Nicaragua, va a ser necesario comprar a un fabricante de terceros países, si se quiere comprar en Nicaragua. Por otro lado, considerando que para la fabricación del variadores indispensable que el Contratista mantenga constante comunicación con el fabricante, se recomienda comprar los variadores fabricados en Japón y no en terceros países. Asimismo, existe un fabricante japonés que tiene representación en Nicaragua, lo que abriría la posibilidad de que ENACAL compre los productos en el futuro cuando sea necesario.
5	Bombas de transmisión de agua	Japón	ENACAL utiliza las bombas de transmisión de un fabricante de los EE.UU., mientras que las bombas de los pozos son en su mayoría japonesas. La fiabilidad de los productos japoneses es alta. Los repuestos de las bombas están disponibles también en el mercado local. Por lo tanto, se suministrarán las bombas japonesas.

6	Válvula de control de caudal	Nicaragua	En el reservorio San Judas, donde se contempla instalar la válvula de control, se sigue utilizando la válvula de mariposa instalada hace 25 años en el marco de la Cooperación Financiera No Reembolsable del Japón. La nueva válvula será comprada en el mercado local, considerando que ENACAL desea instalar las válvulas similares a las utilizadas en otros reservorios, y además por la facilidad de reparación.
7	Equipos que contribuyen a la reducción de ANF	Japón/ Nicaragua	Entre los equipos a ser suministrados, se incluyen algunos productos japoneses que han sido suministrados en la Cooperación Técnica tipo Proyecto implementado en el pasado, por lo que el personal de ENACAL conoce bien cómo manejar. Muchos de los equipos que sirven para reducir el ANF que actualmente tiene ENACAL fueron donados por Japón u otros donantes. Se propone suministrar los equipos para reducir el ANF comprados en Japón considerando la dificultad de comprar en el mercado local. Por otro lado, la cortadora de hormigón y las bombas de distribución necesarias para reparar las fugas serán comprados en Nicaragua por estar disponible en el mercado local.

2.2.4.7 Plan capacitación en la operación inicial y capacitación en el uso

Los operadores y técnicos de reparación de ENACAL saben manejar muchos de los equipos a ser suministrados por el presente Proyecto. Sin embargo, en cuanto a los variadores que van a ser importados de Japón, se tienen pocas experiencias en Nicaragua. Por lo tanto, se propone capacitar el personal de ENACAL impartiendo la capacitación en operación inicial de los equipos. También para los equipos que no requieren de capacitación en su operación, se impartirá un curso sobre la inspección rutinaria, cambio de los repuestos, etc. para asegurar el uso efectivo de los equipos a ser suministrados. En la Tabla 2.2.27 se describen los métodos concretos del plan de capacitación en la operación inicial y del plan de capacitación en el uso.

Tabla 2.2.27 Plan Capacitación en la Operación Inicial y Capacitación en el Uso

Equipos	Temas y métodos de capacitación
Variadores	Se impartirá la capacitación a los operadores y los a administradores de turno de las bombas de pozos en el método de operación (manual y automática) de la tarjeta cuando se ha terminado de instalar parte de los variadores. Se incluirán también los métodos de reparación y de inspección, y para impartir esta capacitación se enviará el personal ingeniero del fabricante japonés. Las técnicas de gestión de distribución de agua mediante el control de presión serán transferidas mediante el componente no estructural.
Reservorio de agua prefabricado	Se contempla enviar el personal ingeniero del fabricante japonés para impartir capacitación en el manejo, mantenimiento rutinario y limpieza del tanque. Al terminar su instalación, se llenará el reservorio para revisar que no presente fugas de agua, por lo que la capacitación se dirigirá a los operadores del reservorio existente y al personal de la sala de comando de la sede central (P3) y se impartirá en el momento de realizar la prueba de llenado del reservorio.
Bombas de transmisión de agua	Se impartirá capacitación en los métodos de reparación y de inspección a los operadores de las estaciones de bombeo existentes, y para impartir esta capacitación se enviará el personal ingeniero del fabricante japonés. En cuanto a la revisión del rendimiento de la bomba y al fortalecimiento de las capacidades de operación y mantenimiento para mejorar la eficiencia de las bombas de transmisión de agua, estos temas serán incluidos en el componente no estructural.
Válvula de control de caudal	Si bien es cierto que ENACAL ya está utilizando equipos similares, considerando que se trata de una válvula nueva para los operadores de este reservorio, se impartirá capacitación a estos operadores en el manejo, inspecciones periódicas, gestión de los registros de operación, fallas mecánicas y reparaciones, después de terminada su instalación.
Equipos de reparación de fugas	Nada en particular
Taller de electromecánica	Considerando que los equipos del taller incluyen una gran variedad de equipos y herramientas, y a modo de garantizar la coherencia de los trabajos de reparación, se contempla impartir capacitación en la operación inicial, y capacitación en el manejo de los equipos utilizados con mayor frecuencia. La capacitación en la operación será impartida por el fabricante japonés y estará dirigida al personal del taller de electromecánica y a los técnicos de reparación.

Equipos	Temas y métodos de capacitación
Equipos que contribuyen a la reducción de ANF	Nada en particular

2.2.4.8 Plan de componentes no estructurales *(véase el Anexo para el plan de componentes no estructurales)

El uso efectivo de los equipos a ser suministrados por el presente Proyecto y asegurar la gestión adecuada de la distribución de agua contribuirá a mejorar el servicio de suministro de agua potable de ENACAL, que es el objetivo del Proyecto. Para ello, es necesario no solo suministrar los equipos, sino también elaborar el plan de distribución adecuada de agua incorporando mejoras al sistema de planificación actual. por lo tanto, el presente Proyecto incluirá el componente no estructural para el «fortalecimiento de capacidades de gestión de distribución de agua». Este componente se enfocará particularmente al fortalecimiento de las capacidades de la gestión de distribución de agua en los pozos con variadores y al fortalecimiento de las capacidades de operación y mantenimiento de las estaciones de bombeo que son los aspectos que necesitan más de la asistencia.

2.2.4.9

Calendario de trabajo

Tabla 2.2.28 Calendario de trabajo

Ejercicio fiscal	2021												2022												2023												2024								
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2																	
Contratación																																													
Responsabilidades de Nicaragua	A/G (febrero/CN) (marzo)																																												
	Aprobación del Gabinete (AG), firma del Canje de Notas (CN)																																												
Responsabilidades de Nicaragua	Firma de Acuerdo de Donación (AD)																																												
	Firma del Acuerdo de Servicios de Consultoría (V/C)																																												
Responsabilidades de Nicaragua	Creación / envío de PMR (Project Monitoring Report)																																												
	Para asegurar y desearjar las siguientes tierras																																												
Responsabilidades de Nicaragua	Proponer instalaciones para la distribución de electricidad, suministro de agua y drenaje																																												
	Instalación de estanterías para guardar las herramientas para el taller de reparación electromecánica.																																												
Responsabilidades de Nicaragua	Reparación y pintura de la pasarela de inspección del puente acuoducto.																																												
	Asignar participantes al curso de componentes no estructurales																																												
Responsabilidades de Nicaragua	Estudio en Nicaragua (revisión final del contenido del Proyecto y discusión con la contraparte local)																																												
	Análisis en Japon, revisión del Diseño Detallado y de las especificaciones de los equipos																																												
Responsabilidades de Nicaragua	Elaboración de las bases de licitación																																												
	Aprobación de las bases de licitación																																												
Responsabilidades de Nicaragua	Anuncio público de licitación																																												
	Entrega de las bases de licitación y explicación en Nicaragua																																												
Responsabilidades de Nicaragua	Licitación																																												
	Evaluación de la licitación																																												
Responsabilidades de Nicaragua	Verificación del Contrato de Suministro																																												
	Preparativos del pedido, preparativos de los planos de fabricación de los equipos																																												
Responsabilidades de Nicaragua	Fabricación de los equipos																																												
	Inspección previa al embarque de los equipos																																												
Responsabilidades de Nicaragua	Transporte marítimo y terrestre																																												
	Obras complementarias de ingeniería																																												
Responsabilidades de Nicaragua	Instalación, ajustes, prueba de operación, capacitación en la operación inicial y capacitación en el uso																																												
	Componentes no estructurales																																												
Responsabilidades de Nicaragua	Inspección, aceptación y entrega																																												

2.3 Plan de Gestión de Seguridad

El presente Proyecto incluye ejecutar diversas obras de instalación y de obras complementarias, tanto es así que el período de ejecución es largo. Por lo tanto, se propone nombrar un ingeniero supervisor del Contratista, y un supervisor permanente del Consultor, que permanecerán en Nicaragua durante todo el período que duren las obras. Es particularmente importante tomar en cuenta los siguientes aspectos.

- Reservoirio: Trabajo en altura para la instalación y montaje.
- Equipos de reparación de fugas: prevención de accidentes durante las obras provisionarias y trabajos en altura en el curso del río, y prevención de accidentes al ocupar la vía pública.
- Taller de electromecánica: Instalación de los objetos pesados, como por ejemplo, columnas, rieles de acero, torno universal, fresadora, etc.
- Variadores y bombas de transmisión de agua: choque eléctrico y fuga eléctrica durante la conmutación de la fuente de energía

También hay que tomar en cuenta el riesgo de contagio de COVID-19. Durante la ejecución del presente Proyecto, se tomarán las medidas de prevención necesarias como la desinfección constante, uso de las mascarillas, vacunación del personal japonés, y otras medidas de prevención de contagio, así también las medidas de respuesta en caso de haberse contagiado.

2.4 Responsabilidades de Nicaragua

A continuación, se presentan las medidas y los trabajos que serán asumidos por Nicaragua para la ejecución del presente Proyecto.

2.4.1 Responsabilidades Básicas sobre el Proyecto de Cooperación Financiera No Reembolsable

- Como requisitos de la ejecución del presente Proyecto en el marco de la Cooperación Financiera No Reembolsable, el gobierno de Nicaragua deberá garantizar la seguridad de todos los miembros que participen en el presente Proyecto.
- El Gobierno de Nicaragua tramitará el Arreglo Bancario (A/B) y asumirá las comisiones de notificación y de pago relacionadas con la Autorización de Pago (A/P).
- Cumplir oportunamente con los trámites de desembarque y despacho aduanero de los equipos suministrados por el presente Proyecto, así como los trámites arancelarios y de eximición de impuestos.
- Ofrecer todas las facilidades que sean necesarias a los nacionales japoneses que entren y permanezcan en Nicaragua para el cumplimiento de sus funciones relacionadas con el presente Proyecto.

- Exonerar el pago del impuesto al valor agregado (IVA) aranceles y otros impuestos que sean grabados en Nicaragua a los japoneses en relación con el presente Proyecto.
- Proporcionar la información y datos que sean necesarios para la ejecución del presente Proyecto.
- Asegurar y preparar el terreno necesario para la ejecución del presente Proyecto.
(El reservorio Las Pilas: $40\text{m} \times 40\text{m} = 1600\text{m}^2$ y terraplenado Nivel de terreno +158m)
(Sitio de instalación del variador: 28 sitios : $4\text{m} \times 3\text{m} = 12\text{m}^2$)
- Operar, mantener y utilizar adecuada y efectivamente los equipos que sean suministrados por el presente Proyecto.
- De los gastos necesarios para la construcción de las instalaciones, transporte e instalación de los equipos en el marco del presente Proyecto, asumir todos los demás gastos que no sean cubiertos con el Proyecto.
- Los equipos y materiales suministrados por el presente Proyecto no podrán ser exportados /re exportados de Nicaragua.

2.4.2 Responsabilidades Específicas de la Ejecución del Proyecto de Cooperación Financiera No Reembolsable

- Ofrecer sin costo al Contratista y al Consultor espacios dentro del edificio de ENACAL para establecer la oficina local.
- Asumir los gastos de agua, energía eléctrica y del personal necesario para la prueba de llenado del reservorio, prueba de operación de las bombas e variadores y de otros equipos.
- Tramitar la expedición de las autorizaciones, permisos y certificados que sean necesarios para la ejecución del presente Proyecto, así como la aprobación ambiental, permiso de ejecutar obras en el curso del río, obras de movimiento de tierra, control de tráfico durante las obras, etc.
- Asumir los gastos necesarios para el desmontaje y disposición de los equipos existentes (bombas de distribución, paneles de control, equipos del taller, etc.), así como los gastos necesarios para la restauración de las condiciones después de instalar los nuevos equipos.
- Rehabilitar el estacionamiento de los vehículos suministrados y el depósito de los repuestos.
- Asumir el costo de disposición de la tierra residual generada del movimiento de tierra, y el costo de disposición de aguas residuales generadas durante las obras de instalación y obras complementarias.

2.5 Plan de Operación y Mantenimiento del Proyecto

2.5.1 Sistema de gestión, operación y mantenimiento

Los equipos a ser suministrados por el presente Proyecto serán operados y mantenidos por el Puesto de Mando, Departamento de ANF Física y Dirección Operativa de Managua y el Departamento de Electromecánica bajo la Gerencia de Operaciones de ENACAL Central (Véase la Figura 2.5.1)

De los equipos suministrados, los variadores, reservorio de agua prefabricado, bombas de transmisión, válvulas de control de caudal y los equipos de reparación de fugas serán operados y mantenidos por la Sección de Operaciones de Managua bajo el control de la Puesto de Mando. Los equipos del taller de electromecánica serán operados y mantenidos por el personal del Departamento de Electromecánica de la Dirección de Coordinación Técnica. Asimismo, los equipos que contribuyen a la reducción de ANF serán operados y mantenidos por el Departamento de ANF Física.

Muchos de los equipos del presente Proyecto son de renovación. Incluso los nuevos equipos incluidos serán instalados junto con las instalaciones existentes. Por lo tanto, no es necesario ampliar la planta del personal para la operación y mantenimiento de los equipos a ser suministrados.

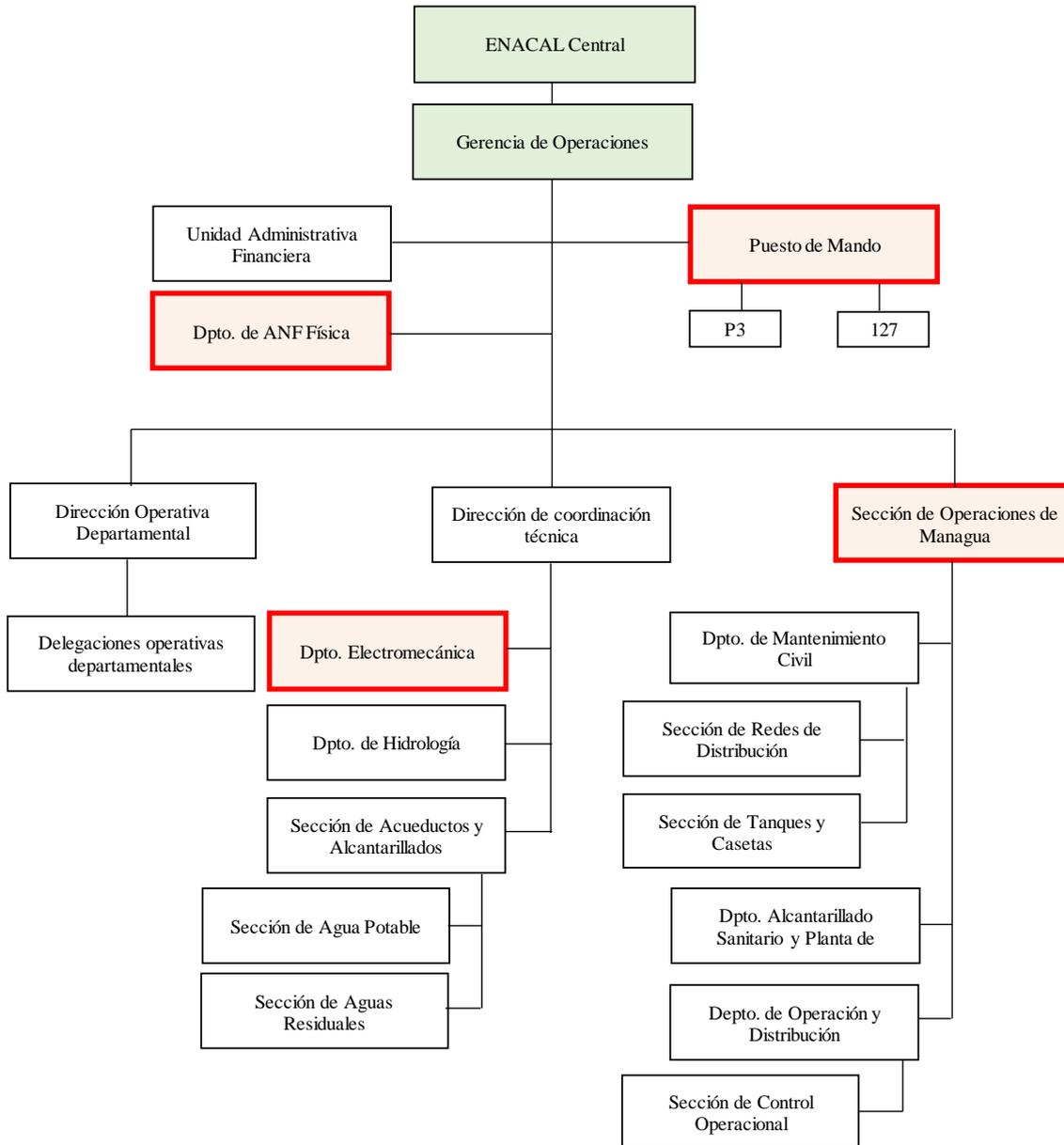


Figura 2.5.1 Organigrama de la Gerencia de Operaciones de ENACAL Central

2.5.2 Métodos de operación y mantenimiento

(1) Bombas de los pozos

(a) Personal a cargo de operación y mantenimiento

Actualmente el personal a cargo del mantenimiento de las instalaciones y de la operación de las bombas asumen la operación y mantenimiento de las estaciones de bombeo de cada pozo, ya sea en modalidad permanente o por turno. El personal de operación y mantenimiento de cada uno de los pozos dan el mantenimiento a las instalaciones y responden en caso de corte de electricidad o de fallas mecánicas. En el caso de ocurrir alguna anomalía o falla mecánica de las instalaciones, se comunica con la unidad de

mantenimiento de ENACAL (puesto de mando P3) para recibir instrucciones.

Con la implementación del presente Proyecto, aumentará el número de las estaciones de bombeo de pozos equipados de variadores, lo que se traduce en la necesidad de impartir capacitación y entrenamiento al personal de mantenimiento, concretamente sobre el manejo básico de variadores, inspección rutinaria, mensual y anual de los equipos eléctricos incluyendo los variadores. Por lo tanto, se propone incluir como componente no estructural la capacitación y entrenamiento del personal de mantenimiento.

(b) Variables de operación y mantenimiento

En la Tabla 2.5.1 se presentan las variables de operación y mantenimiento de las estaciones de bombeo.

Tabla 2.5.1 Parámetros de O y M de las Estaciones de Bombeo de los Pozos

Operaciones	Frecuencia	Observaciones
Operación y paro de las bombas de los pozos	Según sea necesario	Normalmente, se realiza la operación continua durante 24 horas Operar respondiendo al aviso en el caso de corte de electricidad o de fallas mecánicas
Registro de operación e inspección	Diario A cada cambio de turno	Llenar el registro de operación - Valores indicados de voltaje, corriente, potencia y otros datos eléctricos - Temperatura de la sala de operación y del panel de arranque de la bomba - Ruidos y olor anormales, cambio de color, etc.
Limpieza de las instalaciones	Mensual Oportunamente, cuando sea necesario	Interior del panel de arranque de la bomba (Eliminación de animales pequeños, polvos, etc.)
Registro de los ensayos y medición	Anual	Llenar el registro de ensayo y medición - Resistencia de aislamiento - Resistencia de conexión a masa
Respuesta a emergencias	Revisión de anomalías	Comunicar a la sede central de ENACAL

(2) Reservorio de agua prefabricado

A continuación se describe la operación y mantenimiento del reservorio de agua prefabricado.

(a) Inspección y mantenimiento

- Se recomienda inspeccionar el interior del tanque para revisar la degradación por el gas de cloro de la superficie sin contacto, vaciando el interior del tanque. Se debe inspeccionar periódicamente la unidad principal y las bases de las columnas.
- Para la reparación del reservorio se debe estudiar en lo posible los cambios sufridos por la estructura, identificar las causas revisando el tipo de daños ocurridos, y analizar los métodos de reparación y de refuerzo más adecuados. En virtud de que es difícil cortar el servicio por un prolongado tiempo, los reservorios actualmente en uso deben ser reparados en menor tiempo posible. Por lo tanto, se analizarán y se determinarán los métodos de ejecución, tiempo requerido, el impacto de los materiales sobre la calidad de agua, antes de iniciar las obras.

- Los tanques de distribución están conectados con las tuberías de entrada y de salida, tuberías de drenaje, etc. con sus respectivas válvulas. Existen también algunas válvulas que no se utilizan con frecuencia, como por ejemplo, la válvula de cierre de emergencia. También se requiere inspeccionar periódicamente los medidores (medidor de nivel de agua, etc.), y reparar inmediatamente cualquier falla encontrada.
- La corrosión de los materiales de acero y las condiciones de soldadura deben ser inspeccionadas midiendo el espesor de los miembros, diagnosticando y evaluando cuando sea necesario. Las estructuras de acero producen esfuerzo debido al asentamiento diferencial de la base, pudiendo afectar considerablemente la estructura. Por lo tanto, es importante revisar el desplazamiento de la estructura y la base de cimentación.
- Las estructuras de acero deben ser sometidos a la inspección inicial, rutinaria, periódica, extraordinaria y de emergencia para diagnosticar y conocer el grado de degradación. En el caso de encontrar cualquier corrosión, daños de la pintura y de la soldadura, grietas, desplazamiento, etc. en la inspección, se debe iniciar un estudio más detallado y tomar las medidas de emergencia que sean necesarias.

Tabla 2.5.2 Frecuencia de Inspección del Reservorio

Tipo	Contenido	Frecuencia
Inspección inicial	Inspección para conocer las condiciones iniciales de la estructura. Consiste en la inspección visual de la estructura en su conjunto, mediciones rápidas en el sitio, y revisión de los documentos de diseño y de ejecución, etc.	Al inicio de la operación de la estructura (incluyendo remodelación), a la elaboración del plan de mantenimiento preventivo.
Inspección rutinaria	Inspección visual durante la ronda para conocer si existe o no daños o deterioro y su gravedad.	Una vez cada varias semanas o varios meses
Inspección periódica	Esta inspección sirve para revisar detalladamente si existe o no los daños y deterioro que no pueden ser detectados con la inspección rutinaria, y evaluar su gravedad. Se realiza mediante la inspección visual, la medición del grosor, revisión de las partes soldadas, etc.	Una vez cada 5 a 10 años. Sin embargo, se puede adoptar cierta flexibilidad. Por ejemplo, al inicio de la operación, se puede establecer un intervalo más largo entre dos inspecciones, e ir acortando gradualmente el intervalo a medida que se va manifestando los síntomas de degradación. En la inspección quinquenal se puede limitar las variables y alcance de la inspección, mientras que la inspección decenal, se debe aumentar las variables y ampliar el alcance de inspección.
Inspección extraordinaria	Esta inspección se realiza inmediatamente después de que la estructura haya sufrido una fuerza externa accidental (terremoto, etc.) para evaluar las condiciones de la estructura. El método de evaluación debe definirse previamente en el plan de mantenimiento preventivo.	Inmediatamente después de que la estructura haya sufrido una fuerza externa accidental (terremoto, etc.)
Inspección de emergencia	Esta inspección se realiza cuando se ha producido un accidente o daño en una estructura, para verificar si tal accidente o daño no se ha producido en estructuras similares o que se encuentran en condiciones similares.	Cuando se produjo un accidente o daño en una estructura similar o que se encuentra en condiciones similares.

(b) Prevención de turbiedad y medidas de seguridad

- Los tubos de rebose, pozos de registro, entrada del pasillo de inspección, limnímetros, tubos de drenaje, etc. debe estar protegidos para que no entren basuras, agua pluvial, aguas negras, etc.
- Se instalarán cercos perimetrales para prevenir la entrada de personas no autorizadas a los recintos. Los pozos de registro, pasillos de inspección, y otros accesos desde el exterior deben estar permanentemente cerrados con llave.
- En el caso de construir y reparar un reservorio, se debe limpiar su superficie interna con chorro de agua a alta presión, enjuagar con agua limpia, y llenar el tanque con agua purificada con cloro residual libre de 10 mg/ℓ hasta el nivel alto de agua de diseño.

Con base en lo anteriormente indicado, a continuación se proponen el plan de operación y mantenimiento del reservorio de agua prefabricado.

Tabla 2.5.3 Elementos de Operación y Mantenimiento del Reservorio

Tipo de instalaciones	Tipo de operaciones	Operaciones	Frecuencia
Reservorio de agua prefabricado	Operación y mantenimiento	Registro de datos del nivel de agua de distribución	Diario
		Concentración de cloro residual	Diario
	Operación y mantenimiento	Limpieza del tanque	1 vez/año
		Inspección de las válvulas y equipos de instrumentación	1 vez/año
		Corrosión y deterioro de los miembros de acero del tanque, revisión de la base de múltiples columnas, medición del espesor de los miembros	1 vez/ 2 años
		Desfase de las estructuras básicas y de la cimentación	1 vez/ 2 años

(3) Bombas de transmisión de agua

(a) Personal a cargo de operación y mantenimiento

Actualmente, existen operadores permanentes de las bombas, que también sirven de vigilantes para proteger la seguridad de los equipos. Los operadores de las bombas realizan el arranque y el paro de las bombas, y se comunican con el taller de electromecánica cuando ocurren fallas mecánicas para su reparación. Sin embargo, dado que es necesario realizar la inspección rutinaria, mensual y anual en cada estación o en cada distrito, se hace necesario capacitar y entrenar al personal de mantenimiento. Por lo tanto, el presente Proyecto incluirá un componente no estructural para capacitar y entrenar a los operadores de bombas permanentes, así como a los técnicos de reparación del taller de electromecánica.

(b) Variables de operación y mantenimiento

En la siguiente Tabla se presentan los parámetros de operación y mantenimiento de las

estaciones de bombeo.

Tabla 2.5.4 Parámetros de O y M de las Estaciones de Bombeo de Transmisión de Agua

Operaciones	Frecuencia	Observaciones
Operación y paro de las bombas de transmisión de agua	Diario	Operar respondiendo al aviso
Revisión de las fugas en la glándula de la bomba	Diario	Ajuste del apriete de la glándula y cambio de las empaquetaduras
Vibraciones y ruidos anormales de las bombas y motores	Diario	Registro de datos Comunicación al taller
Registro de los datos de operación	Diario	Registro del tiempo de operación y fallas mecánicas de las bombas
Limpieza de las instalaciones	Oportunamente	
Respuesta a emergencias	Revisión de anomalías	Comunicar a la sede central de ENACAL

(4) Válvula de control de caudal

De entre los equipos a ser suministrados por el presente Proyecto, la válvula de control de caudal será instalada en el reservorio San Judas. Su mantenimiento es responsabilidad del operador de la Gerencia de Operaciones de ENACAL (reservorio San Judas). Dado que es similar al sistema instalado en los reservorios existentes de ENACAL, no requiere de técnicas especiales y complejas para su mantenimiento, pero sí es necesario realizar las inspecciones periódicas. A continuación se presentan las variables de operación y mantenimiento. Después de la inspección, es necesario registrar los datos de la inspección, y si se ha detectado alguna anomalía, comunicarse con el Puesto de Mando (P3) y el taller de electromecánica del Departamento de Electromecánica para discutir las medidas de solución.

Tabla 2.5.5 Variables de Inspección de las Válvulas de Control de Caudal

Tipo de inspecciones	Frecuencia	Variables de inspección
Inspección rutinaria	Diario	- Inspección visual de la apariencia - Inspección de las fugas - Hermeticidad al cierre total (revisión con el bastón acústico) - Actuadores del engranaje de apertura (lubricante, polvos, herrumbre, etc.) - Revisión de apertura y cierre
Inspección de emergencia	Oportunamente	Se debe realizar la inspección visual después de exceso de lluvias o de sismos.

(5) Equipos de reparación de fugas

De entre los equipos a ser suministrados por el presente Proyecto, los equipos de reparación de fugas serán instalados en el puente acueducto. Estos equipos serán operados y mantenidos por el puesto de mando P3 de ENACAL. Si bien es cierto que estos no requieren de técnicas

especiales y complejas para su mantenimiento, se requiere realizar inspecciones periódicas no solo de los equipos suministrados sino también del puente acueducto, ya que éste data de más de 20 años desde que ha sido construido. Es importante tomar todas las medidas necesarias para garantizar la seguridad de los operadores, ya que la inspección incluye los trabajos en altura. A continuación se presentan las variables de operación y mantenimiento.

Tabla 2.5.6 Variables de O y M del puente acueducto, incluyendo los equipos

Variables de inspección	Frecuencia	Observaciones
Inspección visual	Mensual	Revisión visual de las anomalías del puente acueducto
Aflojamiento de los tornillos	Mensual	Revisar los equipos de reparación de fugas, y el aflojamiento de los pernos de las tuberías y herrajes de sujeción
Estado de pintura	Mensual	La pintura del puente acueducto está expuesta a condiciones sumamente adversas debido a la condensación y secado, por lo que es indispensable realizar las inspecciones periódicas y repintar.
Estribos y pilas	Mensual	Es una vía muy transitada por su cercanía a la ruta nacional, y susceptible a las vibraciones de los vehículos. Se requiere revisar el hundimiento, grietas del hormigón, condiciones del muro de retención y de protección.
Inspección de emergencia	Oportunamente	Se debe realizar la inspección visual después de exceso de lluvias o de sismos.

(6) Taller de electromecánica

La operación y mantenimiento de los equipos del taller de electromecánica que serán suministrados por el presente Proyecto, serán asumidos por el personal del mismo taller. No se incluyen equipos que requieran de técnicas especiales y complejas para su mantenimiento, sino que son similares a los equipos existentes actualmente en el taller. Dado que los técnicos pertenecientes al taller cuentan con suficientes experiencias laborales, no es necesario aumentar ni ampliar el esquema actual. En todo caso, es indispensable tomar todas las medidas necesarias de gestión de seguridad. A continuación se presentan los parámetros de operación y mantenimiento de los principales equipos.

Tabla 2.5.7 Variables de O y M del Taller de Electromecánica

Productos	Frecuencia	Descripción
Torno, fresadora y otras máquinas herramienta	Diario	Limpieza de las partes giratorias y superficie deslizando (eliminación de polvos) y engrase Almacenaje de los accesorios y herramientas Dotación de los registros de los datos de operación y de inspección
Herramientas de mano, equipos de medición, eslingado, etc.	A cada uso	Revisión numérica y almacenamiento en los lugares preestablecidos
Medidores eléctricos y electrónicos	A cada uso	Almacenamiento en los lugares preestablecidos, revisión del nivel de recarga de las baterías, condiciones de los cargadores, calibración
Equipo de soldadura del motor diésel	Oportunamente	Revisión del nivel de combustible y de aceite, cambio de filtros Cumplimiento de seguridad de los trabajadores

		(incluyendo la operación por el personal calificado, inspecciones periódicas, etc.)
Vehículos (montacargas, taller móvil)	Diario	Revisión del nivel de combustible y de aceite, cambio de filtros, dotación de los registros de los datos de operación y de inspección
Equipos de manejo de cargas (Cadena de bloque del carro eléctrico, grúa pórtico, grúa móvil)	A cada uso	Revisión de anomalías de las cadenas, ganchos, etc. prevención de sobrecarga, cumplimiento de seguridad de los trabajadores (incluyendo la operación por el personal calificado, inspecciones periódicas, etc.)
Equipos de soldadura (soldadura de arco de CA, soldadura autógena) cortadora por arco de plasma	A cada uso	Cumplimiento de seguridad de los trabajadores (incluyendo la operación por el personal calificado, inspecciones periódicas, etc.), prevención de choque eléctrico y de incendio

(7) Equipos que contribuyen a la reducción de ANF

Los equipos que contribuyen a la reducción de ANF que serán suministrados por el presente Proyecto serán operados y mantenidos por el Departamento de ANF Física. Se transfirieron las técnicas de uso de detectores de fugas y de los equipos de reparación como una parte integral de las actividades de reducción de ANF en la Cooperación Técnica tipo Proyecto., y el personal del Departamento de ANF Física están trabajando en el fortalecimiento de las capacidades de reducción de ANF. Ellos conocen plenamente los métodos de operación y mantenimiento y no requieren de una nueva capacitación. Sin embargo, en cuanto a los equipos de precisión como son los detectores de fugas, flujómetros ultrasónicos, etc. va a ser necesario construir un sistema de servicio posventa y de comunicación con el representante del fabricante en los países vecinos, porque las averías difícilmente podrán ser reparadas en Nicaragua.

A continuación, se presentan los parámetros de operación y mantenimiento de los equipos relacionados.

Tabla 2.5.8 Variables de O y M de los Equipos que Contribuyen a la Reducción de ANF

Productos	Frecuencia	Descripción
Detectores de fugas (tipo correlación, para tuberías de distribución y de suministro), caudalímetro ultrasónico	A cada uso	Almacenamiento en los lugares prestablecidos, revisión del nivel de recarga de las baterías, condiciones de los cargadores, revisión del panel de cristal líquido, almacenamiento de los accesorios y herramientas Dotación de los registros de los datos de operación y de inspección
Barra de perforación, cortadora manual de hormigón, bomba de drenaje de obras	A cada uso	Revisión del nivel de combustible y de aceite, cambio de filtros Cumplimiento de seguridad de los trabajadores (incluyendo la operación por el personal calificado, inspecciones periódicas, etc.) Dotación de los registros de los datos de operación y de inspección

2.6 Costo Estimado del Proyecto

2.6.1 Costo estimado del Proyecto de Cooperación

(1) Costos a cargo del Japón

Los costos estimados del proyecto no se divulgarán hasta la certificación del contrato de adquisición.

(2) Costos a cargo de Nicaragua

Tabla 2.6.1 Costos a cargo Nicaragua

Partidas	Monto (US\$)	Equivalentes en yenes (mil de yenes)
Comisiones bancarias	7,200	792
Desmontaje y disposición de los equipos existentes	25,700	2,826
Gastos de agua y electricidad para ensayo de llenado, etc.	82,230	9,043
Movimiento de tierra en los sitios de los reservorios	123,656	13,598
Estantes en el taller de electromecánica	1,250	137
Reparación y pintura del camino de acceso del puente acueducto	6,753	743
Aseguramiento y preparación de la tierra para la sala de operación del variador	700	77
Total	247,489	27,217

(3) Bases de estimación de costos

- ① Fecha de estimación : Junio de 2021
- ② Tipo de cambio : 1US\$ = 109.97 yenes japoneses
(Promedio entre el 1 de marzo y 31 de mayo de 2021)
- ③ Período de ejecución : El período requerido para el Diseño licitación (licitación, etc.), suministro e instalación de los equipos se presenta en la implementación "Calendario de ejecución".
- ④ Otros : La estimación del costo del Proyecto se basa en el esquema de la Cooperación Financiera No Reembolsable del Japón.

2.6.2 Costo de Operación y Mantenimiento

(1) Bombas de los pozos

(a) Reducción del costo de energía eléctrica mediante el uso de variadores

En marzo de 2019 ENACAL ha instalado el variador de manera experimental a la estación de bombeo Las Brisas, que está al lado de la sede central, para comprobar su efectividad. En la Tabla 2.6.2 se presenta la comparación del consumo de energía eléctrica sin y con

el variador. El proyecto piloto ejecutado por ENACAL puso de manifiesto que el variador contribuye a reducir el consumo de energía eléctrica por 34.8 %.

Tabla 2.6.2 Variación del Consumo de Energía Eléctrica con y sin el Variador

Año/mes	Consumo de energía (kWh)	Consumo medio de energía sin y con inversor (kWh/mes)
Julio de 2018	46,947	Sin inv. 45,223
Agosto de 2018	47,296	
Sept. de 2018	40,741	
Octubre de 2018	45,935	
Noviembre de 2018	45,595	
Diciembre de 2018	44,851	
Enero de 2019	47,522	
Febrero de 2019	42,895	
Marzo de 2019	30,521	Con inv. 29,483
Abril de 2019	32,280	
Mayo de 2019	30,319	
Junio de 2019	27,884	
Julio de 2019	26,409	

Tasa de reducción

-34.8%

(b) Costo de electricidad después de instalar el variador

En la Tabla 2.6.3 se presenta el consumo anual de energía eléctrica en las 28 estaciones de bombeo donde se contempla instalar los variadores.

Tabla 2.6.3 Consumo Anual de Electricidad en el Pozo

No.	ID	Estaciones de bombeo	Año de estudio	Consumo anual de energía (kWh)	Observaciones
1	ID_00072	Bello Horizonte	2016	859,860	
2	ID_00087	Rafaela Herrera	2016	924,280	
3	ID_00159	Buenos Aires	2016	881,813	
4	ID_00083	Monseñor Lezcano	2016	763,660	
5	ID_00091	Mercado Oriental	2016	632,450	
6	ID_00079	Shell Metrocentro			BID
7	ID_00158	Santa Rosa (B.Horizonte #2)	2020	498,820	
8	ID_00025	Bertha Calderón	2017	1,006,500	
9	ID_00176	Portezuelo N° 02	2016	472,080	
10	ID_00084	Las Brisas			Inv. Instalado en marzo de 2019
11	ID_00090	Olof Palme	2016	523,040	
12	ID_00026	Veléz Paíz	2020	877,840	
13	ID_00034	30 de Mayo #2	2016	839,510	
14	ID_00041	M.T.I.	2016	562,240	
15	ID_00089	San Antonio	2016	470,200	
16	ID_00088	Tenderí	2016	656,167	
17	ID_00082	Julio Martínez	2017	947,120	
18	ID_00175	Portezuelo N° 01	2020	1,120,000	
19	ID_00074	Parque Las Madres	2016	642,480	
20	ID_00166	Jorge Dimitrov			BID
21	ID_00085	Los Gauchos	2016	735,596	
22	ID_00169	La Luz			BID
23	ID_00066	Loma Linda (Sierra Maestra)	2017	556,520	
24	ID_00023	Hospital del niño	2016	816,160	
25	ID_00120	La Merced	2020	1,129,240	
26	ID_00035	San Antonio Sur	2020	1,021,580	
27	ID_00022	Rpto. Schick N° 4			BID
28	ID_00042	Bosques de San Isidro	2020	1,129,600	
29	ID_00099	Serranía	2016	810,320	
30	ID_00164	Donatello	2020	799,120	
31	ID_00174	Milagro de Dios	2020	756,280	
32	ID_00161	Camilo Ortega #2	2020	1,007,860	
33	ID_00180	Ticomo Sur	2020	330,400	
34	ID_00024	Manolo Morales			BID
Total				21,770,736	

Fuente: ENACAL Gerencia Técnica y Energía

La reducción del consumo anual de energía eléctrica en las 28 estaciones de bombeo después de instalar los variadores, al igual que la Estación Las Brisas, puede calcularse en:

$$21,770,736 \text{ kWh} \times \text{tasa de reducción } 34.8 \% = 7,576,216 \text{ kWh}$$

Asumiendo la tarifa de electricidad aplicada en Nicaragua de 2.93 C\$ (córdobas) /kWh, se espera lograr la siguiente reducción al utilizar los variadores:

$$\text{Reducción anual de consumo de energía eléctrica } 7,576,216 \text{ kWh} \times \text{tarifa de electricidad } 2.93 \text{ C\$/kWh} = \text{C\$ } 22,198,313 \text{ C\$}$$

(Convertido en yenes: aprox. 70 millones de yenes/año) Esta reducción corresponde a un 2 % del monto anual facturado de electricidad de ENACAL en 2020 (C\$ 999,067,996).

(c) Costo de operación y mantenimiento del pozo

La instalación de variadores no genera costo adicional de operación y mantenimiento. Los gastos del personal y el costo de electricidad para el bombeo del agua subterránea antes de la implementación de variadores pasarán a ser el costo de operación y mantenimiento de las estaciones con variadores. Tal como se indicó anteriormente, se espera que, con la instalación de los variadores, se reducirá el costo de energía eléctrica. Asimismo, en cuanto al costo de reparación de las posibles fallas de los variadores, se espera que habrá menos fallas mecánicas que en la actualidad.

Tabla 2.6.4 Costo Anual de Operación y Mantenimiento del Pozo

Partidas	Costo de operación y mantenimiento (córdoba)
Gastos del personal	4,730,880
Costo de electricidad	41,589,943
Costo anual de reparación (incluyendo el pozo)	353,000

Fuente: ENACAL, Gerencia Técnica y Energía, Departamento de Electromecánica, Gerencia de Operaciones

(2) Reservorio de agua prefabricado

(a) Recursos humanos necesarios para la operación y mantenimiento

El nuevo reservorio de agua prefabricado del Proyecto será instalado en el mismo terreno donde se ubica el reservorio existente Las Pilas. A continuación, se presenta el requerimiento de la mano de obra. Se asume que no es necesario ampliar la planta actual del personal, sino que se puede atender con la misma planta del personal.

Tabla 2.6.5 Recursos Humanos Necesarios para la Operación del Reservorio

Tipo de operaciones	Operaciones	Frecuencia	Personal requerido
Operación y mantenimiento	Registro de datos del nivel de agua de distribución	Diario	2 hombres/obra
	Concentración de cloro residual	Diario	2 hombres/obra
Operación y mantenimiento	Limpieza del tanque	1 vez/año	5 hombres/obra
	Inspección de las válvulas y equipos de instrumentación	1 vez/año	3 hombres/obra
	Corrosión y deterioro de los miembros de acero del tanque, revisión de la base de múltiples columnas, medición del espesor de los miembros	1 vez/ 2 años	3 hombres/obra
	Desfase de las estructuras básicas y de la cimentación	1 vez/ 2 años	2 hombres/obra

(b) Costo de operación y mantenimiento del reservorio de agua prefabricado

Los gastos del personal (sistema de gestión del reservorio existente) y el costo de electricidad para el bombeo del agua subterránea antes de la implementación de variadores pasarán a ser el costo de operación y mantenimiento de las estaciones con variadores. Tal como se indicó anteriormente, se espera que con la instalación de los variadores, se

reducirá el costo de energía eléctrica. Asimismo, en cuanto al costo de reparación de las posibles fallas de los variadores, se espera que habrá menos fallas mecánicas que en la actualidad.

Tabla 2.6.6 Recursos Humanos Necesarios para la Operación del Reservorio

Partidas	Costo de operación y mantenimiento (córdoba)
Gastos del personal	675,840
Costo anual de reparación	84,480

Fuente: Gerencia de Operaciones de ENACAL

(3) Bombas de transmisión de agua

(a) Reducción del consumo de energía eléctrica asociada con la renovación de las bombas de transmisión de agua

Las bombas de transmisión existentes datan más de veinte años, y es difícil conocer las especificaciones detalladas de las bombas y de los motores. Tampoco se disponen de las curvas de rendimiento de las bombas haciendo difícil evaluar cuantitativamente la reducción de la eficiencia con exactitud. Además, no existen normas de reducción de eficiencia de las bombas horizontales ordinarias que han cumplido su vida útil, por lo que se estimó que la eficiencia de las bombas con más de 20 años de antigüedad se reduce de la siguiente manera.

Tabla 2.6.7 Reducción de la Eficiencia de las Bombas de Transmisión de Agua Existentes

Partes	Vida útil	Condiciones	Evaluación de la posible reducción de eficiencia
Impulsores	10 años	Se estima que el daño por cavitación es leve, pero dado que la velocidad específica es baja, entre 100 y 200 (gran diámetro con reducido ancho de salida) el rango de la reducción de eficiencia es más grande.	Mayor (▲2-3%)
Tubo de carcasa	20 años	La pintura de la superficie interna está completamente despegada, produciendo oxidación. A la incidencia de pérdida por desgaste.	Menor (▲1%)
Anillo para carcasa	5 años	No ha sido renovado. La expansión del espacio libre (clearance) aumenta el contraflujo produciendo gran pérdida de eficiencia.	Mayor (▲5-10%)
Motor	15-20 años Aislamiento 40,000 hr	ENACAL está realizando el rebobinado de las bombas con más de 20 años de antigüedad que han perdido el efecto de aislamiento. Sin embargo, se considera muy difícil rehabilitar completamente con los equipos existentes del taller de electromecánica, pudiendo traer más pérdida de eficiencia.	Mayor (▲2-5%)

Por lo anterior, se estima que la eficiencia total de las bombas de transmisión existentes se ha reducido más del 10 %. Asimismo, al adoptar los motores japoneses clasificados como «top runner» se espera mejorar entre 2 y 3 % más de eficiencia, por lo que la renovación de las bombas y motores contribuirán en gran medida a la reducción de los costos de operación y mantenimiento.

Se espera una mejora de la eficiencia de entre 70 y 83 % para las seis bombas de transmisión, excepto la bomba cuya presión ha sido aumentada de la estación de bombeo de Asososca. De esta manera, la eficiencia de bombeo será mejorada

$$\underline{83\% \div 70\% = 1.185 \text{ veces}}$$

mediante la renovación de las bombas, y se mejorará la potencia de los motores existentes en un 16 %. A continuación se presenta el consumo anual de energía eléctrica después de mejorar la eficiencia.

Tabla 2.6.8 Consumo de Energía Eléctrica Reducido por la Renovación de las Bombas

Estaciones de bombeo	Potencia del motor	Consumo anual de electricidad (Todas las bombas)	Consumo reducido por la renovación	Reducción anual de consumo de energía (10 horas de operación al día)
Asososca	335 kw	12,921,258 kw	54 kw	197,100 kw
Altamira	110 kw	1,128,400 kw	18 kw	65,700 kw
KM 18 C. Masaya #1	160 kw	705,040 kw	26 kw	94,900 kw
KM 9.5 C. Sur #3	125 kw	1,303,020 kw	20 kw	73,000 kw
San Judas	110 kw	1,105,200 kw	18 kw	65,700 kw
KM 8 C. Sur #3	55 kw	346,880 kw	9 kw	32,850 kw
Total		17,509,798 kw		529,250 kw

Fuente: Preparada por el Equipo de Estudio con base en la información proporcionada por la Gerencia de Operaciones de ENACAL

Por lo anterior, se espera reducir el costo de energía eléctrica a: $\underline{592,250 \text{ kWh} \times 2.93 \text{ córdobas/kWh} = 1,735,292 \text{ córdobas (equivalentes a aprox. 5.5 millones de yenes/ año).}$

(b) Costo de operación y mantenimiento de las estaciones de bombeo seleccionados

La renovación de las bombas de transmisión no genera costo adicional de operación y mantenimiento. Los gastos del personal y el costo de electricidad para la transmisión de agua antes de la implementación del Proyecto pasarán a ser el costo de operación y mantenimiento de las estaciones de bombeo. Tal como se indicó anteriormente, se espera que con la renovación de las bombas de transmisión de agua, se reducirá el costo de energía eléctrica. Asimismo, en cuanto al costo de reparación de las posibles fallas de los variadores, se espera que habrá menos fallas mecánicas que en la actualidad.

Tabla 2.6.9 Costo Anual de O y M de las Estaciones de Bombeo Seleccionadas (tentativo)

Partidas	Costo de operación y mantenimiento (córdoba)
Gastos del personal	3,379,200
Costo de electricidad	49,753,005
Costo anual de reparación	168,960

Fuente: ENACAL, Gerencia Técnica y Energía, Departamento de Electromecánica, Gerencia de Operaciones

(4) Válvula de control de caudal

No es necesario aumentar el personal al instalar la válvula de control de caudal, sino que esta válvula será operada y mantenida periódicamente por el operador del reservorio San Judas.

Tabla 2.6.10 Costo Anual de O y M de la Válvula de Control de Caudal

Partidas	Costo de operación y mantenimiento (córdoba)
Gastos del personal	506,880

(5) Equipos de reparación de fugas

El mantenimiento del puente acueducto al que se instalarán los equipos de reparación de fugas será asumido por el puesto de mando P3 de ENACAL. No es necesario aumentar el personal, ni habrá incremento de los gastos del personal por su instalación.

(6) Taller de electromecánica

Los equipos del taller de electromecánica suministrados por el proyecto serán mantenidos por el Departamento de electromecánica de la sede central de ENACAL (taller de electromecánica). Actualmente existen aproximadamente 90 empleados, incluyendo las unidades administrativas, y no será necesario aumentar más personal para el mantenimiento de los equipos suministrados por el presente Proyecto. El costo de operación y mantenimiento requerido por el presente proyecto consisten en el costo de combustible de los talleres móviles y de montacargas, así como los gastos de seguro.

Asumiendo un rendimiento de combustible de aprox. 4 km/litro, frecuencia de uso: 4 veces al mes (400 km de ida y vuelta cada salida); precio de diésel de 32.1 córdobas por litro (septiembre de 2021), el costo de combustible para los talleres móviles se calcula en:

$$\underline{400\text{km} \times 4 \text{ veces/mes} \times 12 \text{ meses/año} \times 4\text{km/L} \times 32.1 \text{ córdobas /L} = 154,080 \text{ córdobas}}$$

Mientras tanto, para la operación de un montacarga se requiere 1.9 litros/hora de combustible, y asumiendo trabajar una hora al día, el costo se calcula en:

$$\underline{1.9\text{L/h} \times 1 \text{ h/día} \times 20 \text{ días/mes} \times 12 \text{ meses/año} \times 32.1 \text{ córdobas /L} = 14,637 \text{ córdobas}}$$

Por lo anterior, el costo anual de mantenimiento que se genera por la implementación del presente proyecto se calcula en 186,317 córdobas/año, si se incluyen los gastos de seguro de 17,600 córdobas/año de los talleres móviles.

El Proyecto contempla renovar las máquinas herramientas como el torno, fresadora, etc. Estos equipos permitirán reducir una buena parte de la tercerización del mecanizado de las piezas (entre 1,000,000 y 1,200,000 córdobas), por lo que va a ser posible operar y mantener adecuadamente sin necesidad de aumentar el presupuesto de operación y mantenimiento.

(7) Equipos que contribuyen a la reducción de ANF

Los equipos que contribuyen a reducir el ANF suministrados por el presente Proyecto serán mantenidos por el Departamento de ANF Física de la sede central de ENACAL. Este departamento está constituido por cinco grupos: el de medición de macrometros/ Mantenimiento de la válvula de reducción, el grupo de reparación de fuga, y tres grupos de detección de fugas. El personal que ha sido capacitado por la Cooperación Técnica tipo Proyecto de Japón, está transfiriendo las técnicas adquiridas a las diferentes sucursales tanto de Managua como de otras regiones del país a través del Departamento de ANF Física, a fin de replicar las actividades de reducción de fugas de agua (detección y reparación de fugas). Los equipos que contribuyen a la reducción de ANF que tiene ENACAL, incluyendo los equipos suministrados por la Cooperación Técnica tipo Proyecto, son mantenidos por el Departamento ANF Física. En especial, los equipos electrónicos como son los caudalímetros ultrasónicos y detectores de fuga necesitan de especial cuidado por ser vulnerable a los choques y al agua.

El costo de operación y mantenimiento de los equipos que serán suministrados por el presente proyecto, solo consiste en el costo de combustible de la cortadora de hormigón motorizada y la bomba de drenaje motorizada para reparar las fugas. Dado que la frecuencia de uso no es alta se considera que es posible atender con el precio puesto actual.

CAPÍTULO 3 EVALUACIÓN DEL PROYECTO

3.1 Condiciones preliminares para la implementación del Proyecto

(1) Obtención de los permisos y autorizaciones necesarias para las obras

Para la instalación de los equipos de reparación de fugas en el puente acueducto, Se propone instalar una grúa grande en una parte de la carretera Masaya que es una ruta nacional, por lo que va a hacer necesario obtener el permiso de ocupación de la vía pública del Ministerio de Transporte e Infraestructura o de alguna otra autoridad de caminos. Asimismo, es necesario obtener el permiso del administrador del río ya que es necesario construir andamios sobre el curso de agua para ejecutar las obras de instalación de estos equipos.

Si bien es cierto que la mayoría de los equipos son de renovación o complementarios, el componente de reservorio de agua prefabricado consistirá en construir un reservorio de agua prefabricado en el mismo recinto donde se ubica el reservorio existente a manera de expansión. Por lo tanto, se requiere actualizar los documentos de la Evaluación del Impacto Ambiental y del plan de monitoreo ambiental. ENACAL se encargará de actualizar estos documentos y de obtener las autorizaciones de las autoridades relevantes.

(2) Terraplenado en el sitio del reservorio de agua prefabricado

El sitio donde se contempla instalar el reservorio de agua prefabricado es el mismo terreno donde se ubica el reservorio Las Pilas. El nuevo reservorio de agua prefabricado será construido al lado del reservorio existente. El sitio actualmente está siendo utilizado como depósito de los materiales (tuberías, etc.), y es un terreno suavemente inclinado. Como condición preliminar de la implementación del presente proyecto, la contraparte nicaragüense deberá haber terminado la preparación del terreno, terraplenado (nivel de terreno de diseño) antes de iniciar este Proyecto.

3.2 Aportes del Gobierno de Contraparte para el Cumplimiento del Plan General del Proyecto

(1) Trámites de eximición de impuestos

La contraparte nicaragüense ofrecerá apoyo lateral para la exoneración del pago de impuestos a favor del Contratista que suministrará los equipos.

(2) Desmontaje de los equipos existentes

El presente Proyecto contempla renovar el torno y la fresadora del taller de electromecánica, las bombas de transmisión, materiales complementarios, paneles de arranque, etc. Los equipos que han sido sustituidos deberán ser desmontados y dispuestos por la contraparte nicaragüense a su costo. Adicionalmente, la contraparte nicaragüense deberá eliminar y

disponer el hormigón de base existente de las bombas y del taller de electromecánica, así como las tierras generadas de las obras de movimiento de tierra.

(3) Revisión de la energía eléctrica contratada

Los variadores, bombas de transmisión de agua, equipos del taller de electromecánica (torno, fresador, probador del rendimiento de la bomba) que serán suministrados por el presente proyecto requieren de energía eléctrica para su operación. Si bien es cierto que no es necesario aumentar la energía eléctrica contratada ya que la mayoría de los equipos serán para la renovación de los existentes; se considera necesario buscar la posibilidad de aumentar la demanda contratada ya que la demanda contratada actual no está respondiendo al requerimiento máximo del taller de electromecánica (en el caso de utilizar simultáneamente varios equipos).

(4) Pintura del camino acceso del puente acueducto

Falta un tramo del pasillo para la inspección del puente acueducto donde se contempla instalar los equipos de reparación de fugas, lo que hace que sea imposible recorrer todo a lo largo del puente. Por otro lado, la pintura del puente acueducto está desprendida y deteriorada. La contraparte nicaragüense deberá reparar estos aspectos a su costo.

(5) Gestión del taller de electromecánica y estantes

El Proyecto contempla suministrar al taller de electromecánica pequeños equipos que incluye las herramientas de trabajo, herramientas de medición, medidores eléctricos, etc. Para la gestión y manejo adecuado de pequeños equipos es indispensable contar con estanterías y bodegas para almacenarlos. La instalación de las estanterías para la clasificación, organización y manejo de estos equipos correrá a cargo de la contraparte nicaragüense.

(6) Aseguramiento del espacio de instalación de la sala de operación de variador

Los terrenos para las 28 estaciones de bombeo de los pozos pertenecen a ENACAL, y dispone de suficiente espacio. El presente proyecto contempla instalar las salas de operación de variadores, aparte de las salas de operación de las bombas existentes. La contraparte nicaragüense deberá reservar y preparar los terrenos para la instalación de las salas de operación de variadores en los mismos terrenos de las estaciones de bombeo seleccionadas.

3.3 Condiciones Externas

Las condiciones externas para la manifestación sostenible del impacto del Proyecto son las siguientes.

- Que la seguridad pública de Nicaragua, incluyendo el área del presente Proyecto no será empeorada.

- Que la situación financiera de ENACAL y del Gobierno de Nicaragua no será drásticamente empeorada.
- Que no ocurra grandes desastres como el clima extremado, terremotos, etc.
- Que la capacidad de toma de agua actual se mantenga.

3.4 Evaluación del Proyecto

3.4.1 Pertinencia

- El presente Proyecto, como un proyecto de rehabilitación del servicio de agua potable beneficia directa e indirectamente a toda la población de la ciudad de Managua (aprox. 1.07 millones de habitantes) incluyendo el estrato pobre.
- El presente Proyecto manifestará un impacto inmediato a los desafíos de reducir el ANF en la ciudad de Managua donde la tasa de ANF actual supera el 50%, a la par de reducir el alto costo de consumo de energía eléctrica que actualmente está presionando la situación financiera de ENACAL, por lo que contribuye a mejorar el servicio de agua potable.
- ENACAL, en su Plan Estratégico de Desarrollo Institucional (PEDI) propone como la meta estratégica reducir el ANF en el sistema de acueducto de la ciudad de Managua y de otras regiones, y reducir el consumo de energía eléctrica, por lo que el presente proyecto responde a dicho plan.
- El Rolling Plan (abril de 2020) de la política de asistencia japonesa para Nicaragua, establece asistir al fomento del desarrollo socioeconómico, medio ambiente y prevención de riesgos de desastres, y establece como una de las áreas prioritarias la asistencia a la construcción de las infraestructuras que promuevan el desarrollo económico. Asimismo, establece como política contribuir al cumplimiento de ODS mediante el desarrollo de las infraestructuras urbanas. En este sentido el presente proyecto responde a las políticas de asistencia del Gobierno del Japón.

3.4.2 Efectividad

(1) Efecto Cuantitativo

Mediante la implementación del presente proyecto se espera lograr los siguientes impactos.

Tabla 3.4.1 Efecto Cuantitativo

No.	Indicadores	Valores referenciales [resultados 2020]	Valores meta (2027) [3 años después de la finalización del proyecto]
1	Cantidad de reducción de ANF por este proyecto en Managua (mil m ³)	0	5,992 ¹
2	Consumo de energía eléctrica por unidad de agua producción (kWh/m ³)	0.80 ²	0.77 ³
3	Tiempo medio de suministro de agua en el sistema del nuevo reservorio (horas/día)	9.0	17.0

(2) Efecto Cualitativo

Se mejorarán y estabilizarán los servicios de abastecimiento de agua y se mejorará el ambiente sanitario de Managua.

¹ Dado que es difícil calcular la cantidad de este proyecto solo, se calculará comparando la cantidad de ANF en la ciudad de Managua en 2017 y 2027, cuando la PROGESTION comenzaron a recopilar datos precisos. Sin embargo, el monto de reducción estimado de 2017 a 2027 por la operación propia de ENACAL (4,904 mil m³) (calculado con base en el monto de reducción anual de 490,000 m³ con base en el monto de reducción real de 2017 a 2020) también se considerará por separado.

El valor objetivo de 5.992 mil m³ de reducción de ANF por año es aproximadamente igual a la cantidad de agua utilizada por unas 57,214 personas por día.

(Reducción de ANF por este proyecto 5,992,370m³) / 365 días / (200 L/persona/día) * (1-Tasa de fugas 30,3%) = 57.214 personas

² Consumo de energía 164,958,598kWh / Volumen de agua de producción 204,921,300m³

³ Consumo de energía 156,853,132kWh / Volumen de agua de producción 204,921,300m³. Dado que la cantidad de reducción del consumo de energía en comparación con el consumo de energía del año base es de 8.105.466 kWh, considerando el cargo de energía de 2,93 córdobas (C\$)/kWh, 1C\$ = 3,14 yenes, se espera que la tasa anual la reducción de costos será de aproximadamente 74,572 mil yenes.

CAPÍTULO 4 ESTUDIO DEL VOLUMEN DISPONIBLE DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Más del 90 % del agua potable suministrada a la Ciudad de Managua proviene del agua subterránea. Se construyó el modelo de agua subterránea de los acuíferos existentes en el Área del Proyecto, incluyendo el acuífero Las Sierras y se realizó el análisis de agua subterránea para conocer su reserva, no solo para evaluar la relevancia del suministro de los equipos en el marco de la presente Cooperación Financiera No Reembolsable sino también para evaluar la relevancia de utilizar de manera sostenible el agua subterránea. Asimismo, se recopilaron y se organizaron los datos e información de la calidad de agua del Lago de Managua que es una fuente de agua candidata del uso del agua superficial, asumiendo la posibilidad de buscar nuevas fuentes alternativas para el agua subterránea hacia el futuro.

El modelo de agua subterránea ha sido construido recopilando y organizando la información hidrogeológica, etc. de ENACAL, así como otras informaciones existentes en las instituciones relevantes como INETER, etc. centros de investigación de las universidades, así como los estudios y proyectos implementados por la JICA y otros socios de desarrollo. Asimismo, se llevó a cabo el estudio del nivel freático contratando el servicio local, con el fin de conocer la situación actual del nivel freático en el Área del Proyecto.

Por otro lado, se llevó a cabo el estudio de la calidad del Lago de Managua mediante contratación del servicio local, ya que en la actualidad casi no existe bibliografía u otra información sobre la calidad de agua de dicho lago.

4.1 Recopilación y Organización de la Información Existente

4.1.1 Plan de Desarrollo y Gestión de Agua Subterránea en la Ciudad de Managua

En 1993, la JICA ejecutó el Estudio sobre el Proyecto de Abastecimiento de Agua en Managua y se elaboró el plan de desarrollo y gestión del agua subterránea. ENACAL ha venido ejecutando diversos proyectos conforme dicho plan, pero no se tiene información sobre sus avances. Tampoco ha sido actualizado ni se ha formulado un nuevo plan de desarrollo del agua subterránea.

4.1.2 Plan Nacional de Recursos Hídricos

Entre enero y julio de 2017, se elaboró el Plan Nacional de Recursos Hídricos de Nicaragua (PNHR) con la cooperación técnica del BID. Dicha cooperación ha sido ejecutada con el fin de conocer la situación actual de los recursos hídricos en Nicaragua, identificar los problemas y plantear las políticas estratégicas (tentativas) del PNHR.

Gran cantidad de información ha sido recopilada y organizada para identificar los problemas y proponer las políticas estratégicas. Tales informaciones estaban dispersas en diferentes organismos

e instituciones y no habían sido ordenadas sistemáticamente. Con base en dicha información se llevaron a cabo las siguientes actividades.

- Inventario de las fuentes de agua existentes (agua superficial y subterránea)
- Evaluación de la calidad de agua
- Evaluación de la oferta y demanda
- Equilibrio entre los recursos y la demanda
- Análisis de los riesgos hidrológicos (sequía e inundaciones)
- Análisis económico y financiero del sector de agua
- Análisis organizacional e institucional

El PNRH ha sido elaborado bajo el liderazgo de ENACAL, y con la participación de los miembros del Comité Interinstitucional de Recursos Hídricos (ANA, ENACAL, INETER, MAG, MARENA, MEM y FISE), y con el apoyo de las entidades que han tenido importante contribución en el sector de agua como el BCN, MHPC, MIFIC, MINSA y SINAPRED.

Con el fin de solucionar los problemas identificados del análisis llevado a cabo en el curso de la formulación del PNRH, fueron propuestas las siguientes líneas estratégicas.

- LE1: Mejora de la información relacionada con el agua
- LE2: Desarrollo de las herramientas de planificación y gestión de los recursos hídricos y de reducción de riesgos
- LE3: Desarrollo de los programas y proyectos para mejorar la seguridad de agua de los diversos usuarios
- LE4: Mejora de la calidad de agua
- LE5: Fortalecimiento institucional
- LE6: Mejora del sistema financiero del sector de agua

Cabe recordar que la elaboración del PNRH ha sido terminada en octubre de 2017 sin llegar a ser aprobada oficialmente a la fecha.

4.1.3 Estudio del Nivel Freático

Se llevó a cabo el estudio del nivel freático con el fin de conocer la situación actual del agua subterránea en el Área del Estudio. Asimismo, ENACAL llevó a cabo simultáneamente un estudio para conocer detalladamente la distribución del nivel freático con el apoyo de ENACAL. En la Capítulo 1, Figura 1.2.2 se presenta el mapa de ubicación de los pozos objeto del estudio del nivel freático y en la Capítulo 1, Tabla 1.2.3 se presentan los resultados del estudio.

4.1.4 Estudio de la Calidad de Agua del Lago Managua

El presente Proyecto consiste en suministrar los equipos que posibiliten utilizar el agua subterránea de manera sostenible como fuente de agua, y como tal, contempla instalar variadores en los pozos de agua, renovar las bombas de transmisión, construir el reservorio de agua prefabricado, etc. Con el fin

de verificar su relevancia, se llevó a cabo el estudio de calidad de agua del Lago de Managua como fuente de agua superficial alternativa.

Se ha reportado en el pasado que el agua del Lago de Managua ha sido contaminada con mercurio causada por la descarga de aguas residuales industriales, por lo que el análisis de calidad incluyó mercurio total y mercurioalquílico además de todos los parámetros de calidad de agua potable aplicados en Nicaragua. Se tomaron las muestras de calidad de agua del Lago de Managua en los puntos indicados en la Capítulo 1, Figura 1.2.2. En la Capítulo 1, Tabla 1.2.4 se indican la profundidad de muestreo y los parámetros de análisis, y en la Capítulo 1, Tabla 1.2.5 se presentan los resultados del análisis.

Los resultados de la encuesta de calidad del agua se resumen en la Sección 4.7.

4.2 Lineamientos de Construcción del Modelo de Agua Subterránea y Método de Ejecución

En el siguiente apartado se muestra el esquema del modelo de agua subterránea que se construye considerando el período de trabajo del presente estudio junto con los resultados de las discusiones e intercambio de opiniones con ENACAL y organizaciones relacionadas y los resultados de la ordenación de los materiales existentes en las secciones anteriores.

4.2.1 Objetivo del Modelo

El objetivo del análisis del modelo de agua subterránea es captar el volumen disponible del agua subterránea y la cantidad posible de toma de agua.

4.2.2 Tipo de Modelo y Software para Utilizar

El modelo que se construye en el presente estudio es el modelo tridimensional de flujo de agua subterránea y el software a utilizar es Visual MODFLOW debido a las siguientes razones. Respecto a las variaciones de la temperatura y la calidad del agua, se limita al determinar el alcance del flujo de agua objeto del modelo de seguimiento de partículas.

(1) Softwares utilizados en Nicaragua

En la Tabla 4.2.1 se presentan los softwares utilizados en el estudio y análisis de agua subterránea publicados en Nicaragua y el software utilizado cuando se construyó el modelo en INETER en 2020.

Tabla 4.2.1 Ejemplos de Softwares Utilizados en el Análisis de Agua Subterránea en Nicaragua

Estudio y análisis de agua subterránea	Área y acuífero objeto del análisis	Tipo de modelo	Programa de análisis	
			Código	Software
Calderón Palma, Heyddy (2003) Numerical modeling of the groundwater flow system in a sub-basin of the Leon-Chinandega aquifer, Nicaragua. MSc Thesis, University of Calgary.	Área que se extiende desde la costa del Pacífico a través de la llanura León-Chinandega hasta la Cordillera de los Marrabios a 900 metros sobre el nivel del mar/acuífero León-Chinandega	Modelo de flujo de agua subterránea	MODFLOW	Visual MODFLOW
Calderón Palma, Heyddy (2004) Modelación numérica del flujo de agua subterránea en una sub-cuenca del acuífero León-Chinandega. En el XIII Congreso Científico UNAN-Managua, 13-14 de mayo, 2004, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.				
Calderón Palma, Heyddy and Bentley, Laurence R. (2007) A regional-scale groundwater flow model for the Leon-Chinandega aquifer, Nicaragua. Hydrogeology Journal, 15 (8).				
Flores Meza, Yelba (2004) Criterios hidrogeológicos para la formulación del plan de gestión en el acuífero del valle de Sébaco. Tesis de máster, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.	Acuífero aluvial del valle de Sébaco (40 km al norte del lago Managua)	Modelo de flujo de agua subterránea	MODFLOW	Visual MODFLOW
Porras, E.A., Tanaka, T., Fujii, H. and Itoi, R. (2005) Numerical modeling of the Momotombo geothermal system, Nicaragua. Proceedings World Geothermal Congress 2005.	Orilla noroeste del lago de Managua/Campo geométrico Momotombo	Modelo de fuente térmica	AUTOUGH2, iTOUGH2	
Martínez Poveda, Róger (2005) Balance de la subcuenca central del acuífero de Managua utilizando software Flowpath II. UNI. Managua, Nicaragua.	Subcuenca central del acuífero de Managua	Modelo de balance hídrico	FLOWPATH II	
MacNeil, Richard Eric (2006) Geophysical Investigations and Groundwater Modeling of the Hydrologic Conditions at Masaya Caldera, Nicaragua. Graduate Theses and Dissertations. University of South Florida.	Caldera Masaya/Vólcan Masaya	Modelo de flujo de agua subterránea	MODFLOW	MODFLOW-2000
Arriola Picado, Manuel Salvador (2012) Modelación numérica de la dinámica de flujo subterráneo del acuífero de Tisma, para evaluar la conectividad entre los Lagos Xolotlán y Cocibolca. Tesis de máster, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.	Acuífero interlagos de Tisma aproximadamente 15 km al este de Managua	Modelo de flujo de agua subterránea	MODFLOW	Visual MODFLOW
Modelo INETER (2020)	Cuenca de agua subterránea denominada como "ACUÍFERO LAS SIERRAS" en PNRH	Modelo de flujo de agua subterránea	MODFLOW	Visual MODFLOW

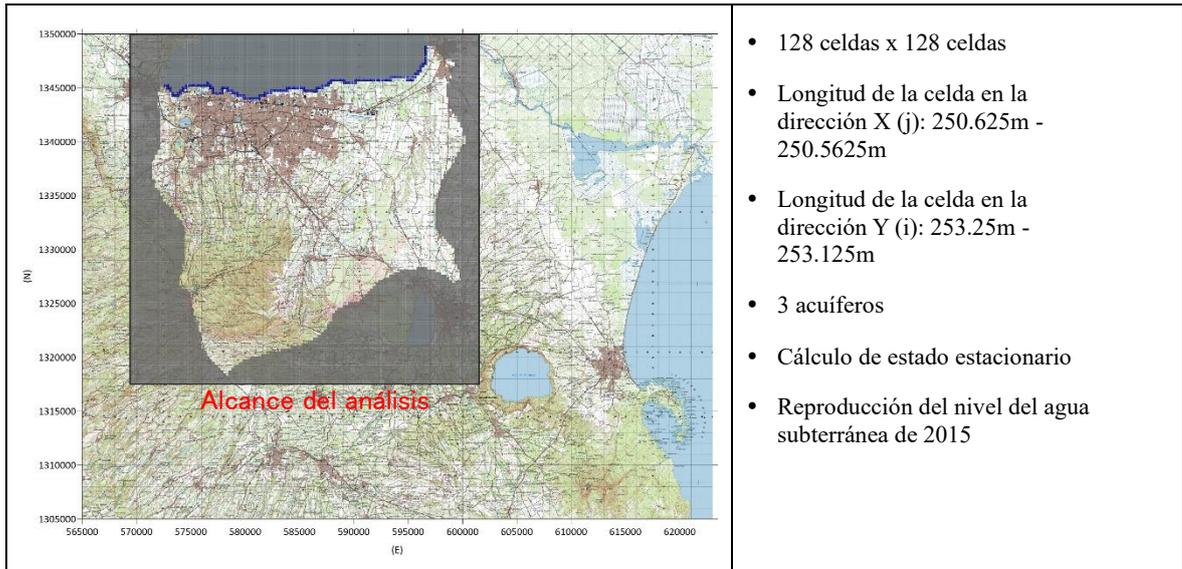


Figura 4.2.1 Resumen del modelo INETER (2020)

(2) Softwares presentados en el PLAN NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS DE NICARAGUA (PNRH)

En el "ANEXO 2 COMPONENTE AGUAS SUBTERRÁNEAS" de PNRH existe la siguiente descripción, en la cual se presentan los softwarea PMWIN (Processing Modflow) y Visual MF (Visual MODFLOW).

Página 129 del ANEXO 2

Los ficheros .EXT o .MDL del paquete WEL1 (PMWIN) son generados con los datos que necesita el programa para analizar sus resultados. El formato es el caudal inyectado (+) o extraído (-) por unidad de volumen de acuífero en cada pozo de extracción o inyección (punto x,y,z). Estos ficheros permiten además realizar y guardar gráficos de la variación del caudal en tres formatos. El formato exacto varía ligeramente dependiendo del software empleado (PMWIN, Visual MF, etc.).

(3) Softwares solicitados por las organizaciones relacionadas

Al discutir con las organizaciones relacionadas de Nicaragua encabezadas por ENACAL, que es el organismo ejecutor, se comprobaron los softwares de análisis que solicitan, los cuales se indican en la siguiente tabla.

Tabla 4.2.2 Softwares Solicitados por las Organizaciones Relacionadas

Organización	Programa de análisis	
	Código	Software
ENACAL	MODFLOW	—
ANA	MODFLOW	Visual MODFLOW
CIRA	MODFLOW	Visual MODFLOW Flex
INETER	MODFLOW	—

(4) Software que se utiliza en el presente estudio

En el presente estudio se utiliza el siguiente software para analizar el modelo de agua subterránea, de acuerdo con los resultados (1) a (3) mencionados anteriormente, además de considerar, entre otras cosas, que ① el objetivo del análisis del presente estudio es analizar el volumen disponible del agua subterránea y construir el modelo de flujo; que ② en el futuro, se desarrollará en análisis de calidad del agua (modelo de movimiento de sustancias (solutos)) y análisis de temperatura del agua (modelo de transporte de calor) (software que permita el análisis de corriente de densidad, por ejemplo, en caso de MODFLOW, se puede utilizar la función SEAWAT); y que ③ varios funcionarios de ENACAL se involucrarán en la modelación (software fácil de administrar la licencia y que pueda utilizarse en varias PC alternativamente con una sola licencia)

- Softwares que se utiliza en el presente estudio Visual MODFLOW
- Versión: versión más reciente (Visual MODFLOW Flex 7.0)
- Tipo: Stand-Alone Pro
- Administración de la licencia: USB Hardkey Dongle

• **Tabla 4.2.3 Comparación de Tipos de Visual MODFLOW Pro y Métodos de Administración de la Licencia**

Tipo:	Administración de la licencia	Número de PC que se pueden utilizar simultáneamente con una sola licencia	Aspectos positivos	Aspectos negativos	Precio (USD)
Stand-Alone Pro	Softkey	1 unidad	En caso de utilizar el software en una PC, una vez realizada la configuración inicial, básicamente no es necesario realizar la administración de la licencia después.	El procedimiento para transferir la licencia de PC en la que se registró a otra PC es complicado.	4,455.00
	USB Hardkey Dongle	1 unidad	La administración de la licencia es fácil. Después de instalar el software en varias PC, se puede utilizarlo insertando el dongle como clave de licencia en USB.	Es necesario administrar el dongle apropiadamente. En comparación con la administración de la licencia mediante softkey, el costo es un poco más alto.	4,605.00
Team Pro	Softkey	1 unidad	Con LAN, se puede utilizar el software alternativamente en varias PC (la administración de la licencia es fácil cuando hay varios usuarios que no siempre utilizan el software).	Se requiere una LAN dentro de la organización y es necesario administrar el sistema de red apropiadamente. En caso de utilizar el software en un lugar que no esté conectado a la LAN, es necesario ordenar un entorno remoto. En comparación con Stand-Alone, el precio es 1.5 veces más alto.	6,682.50
	USB Hardkey Dongle	1 unidad	El desarrollador/distribuidor no supone que la administración de la licencia de Team Pro se haga por dongle.		6,832.50

4.2.3 Método de Cálculo y Otros Elementos

(1) Método de cálculo y unidad de cálculo

Se realizará el análisis mediante cálculo de estado no estacionario. Asimismo, la unidad de cálculo será el mes.

(2) Escenario de cálculo de la previsión

Se supondrán las variaciones en la precipitación y la capacidad de bombeo

(3) Presentación de los resultados de cálculo

La distribución del nivel del agua subterránea, la dirección del flujo del agua subterránea, el cambio en el nivel del agua subterránea y el balance de agua subterránea por región requerido se presentarán en gráficos y tablas como resultados del cálculo.

4.2.4 Alcance del Análisis

(1) Área objeto del análisis

Respecto a la cuenca del acuífero Las Sierras, en PNRH se ha establecido el alcance como se muestra en la siguiente figura izquierda, y el modelo de agua subterránea de INETER también se ha construido en el mismo alcance. Por otra parte, hay otro mapa con un alcance diferente como se muestra en la figura derecha. Así que el alcance de la cuenca del acuífero Las Sierras no está unificado entre organizaciones e ingenieros. Esto se debe a que a pesar de que no existe una estructura hidrogeológica clara que delimite la cuenca, tratan de delimitarla según la dirección del flujo de agua subterránea, etc.

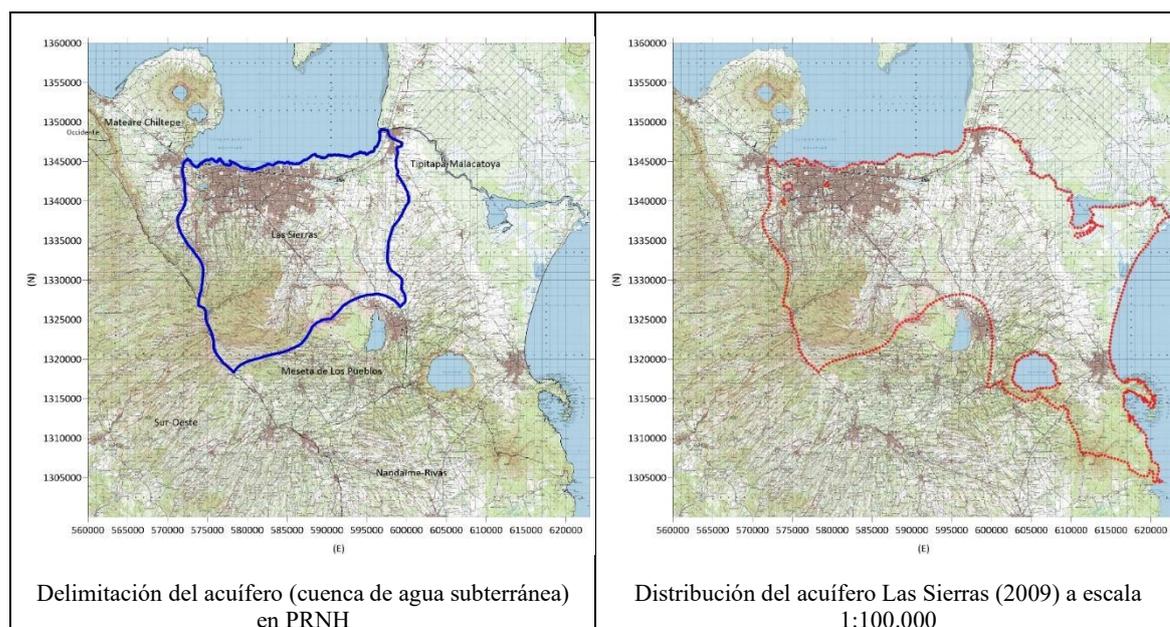


Figura 4.2.2 Alcance del Acuífero Las Sierras en la Literatura Existente

En el presente Proyecto, se establece como alcance del análisis el área indicada en rojo en la siguiente figura, que abarca la cuenca presentada arriba y el área sur incluyendo el lago de Masaya solicitada por ENACAL.

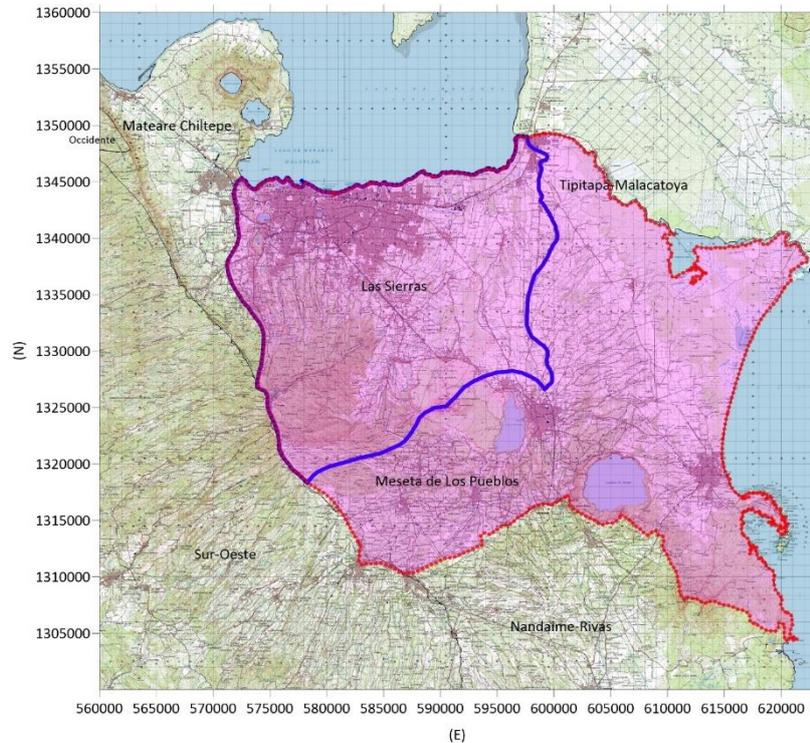


Figura 4.2.3 Área Objeto del Análisis de Modelo de Agua Subterránea

(2) Dirección vertical

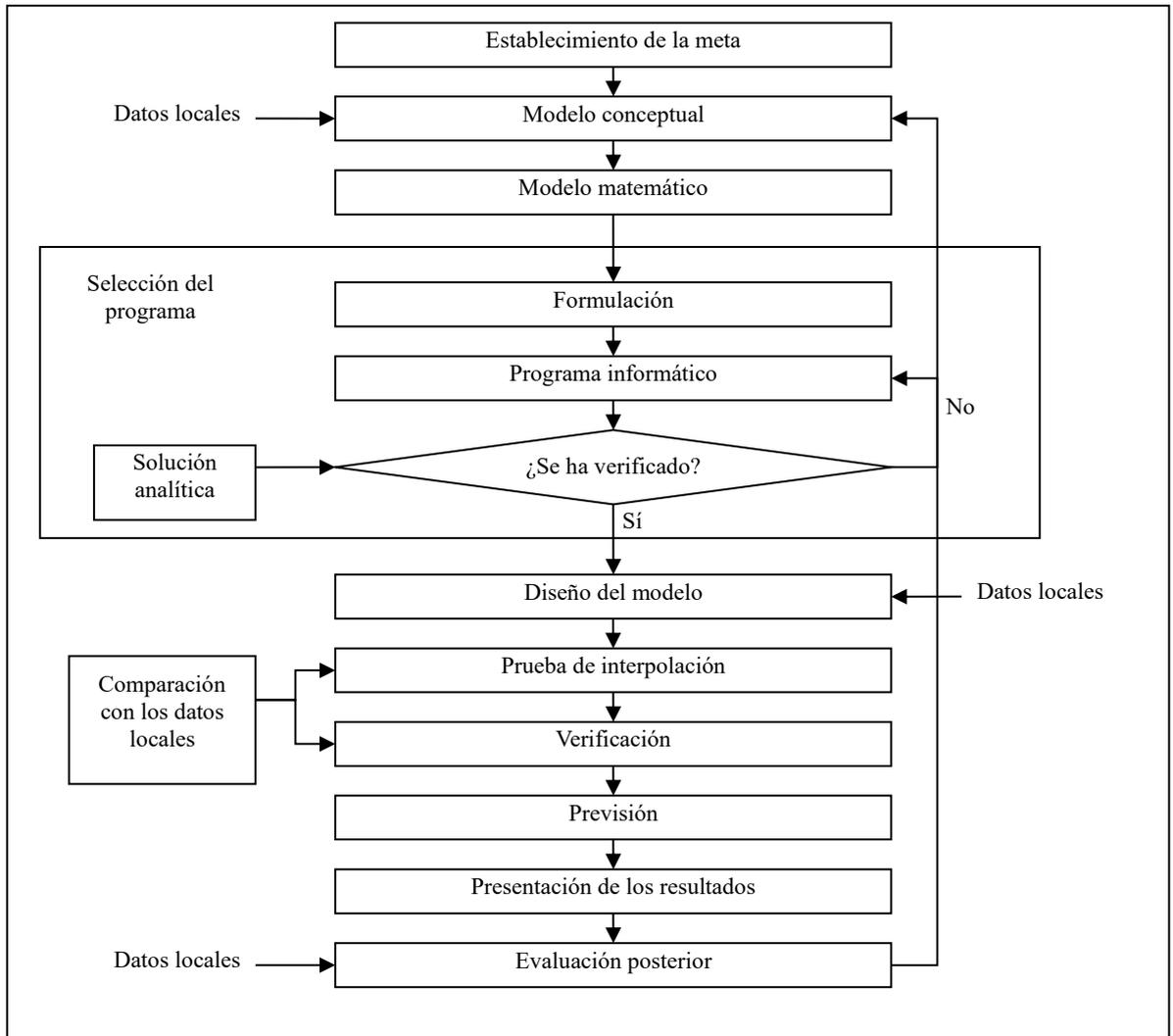
Se establece la estructura de 4 acuíferos descrita a continuación, tomando la capa inferior del acuífero Las Sierras como base hidrogeológica.

- Primer acuífero: Capa sedimentaria no consolidada del Holoceno
- Segundo acuífero: Rocas volcánicas cuaternarias
- Tercer acuífero: Acuífero Las Sierras
- Cuarto acuífero: Rocas de la base hidrogeológica

4.3 Construcción del Modelo de Agua Subterránea

4.3.1 Procedimiento de Modelación

La modelación de agua subterránea se llevará a cabo mediante el siguiente procedimiento, y en el presente estudio se realizará hasta la presentación del avance. Después, es común revisar el modelo aproximadamente cada 10 años (Figura 4.3.1).



Fuente: Modelo de agua subterránea (p6, Supervisión de la traducción por Katsuyuki Fujinawa,1994)

Figura 4.3.1 Procedimiento de Modelación

Tabla 4.3.1 Procedimiento de Modelación

①	Establecimiento de la meta	Establecer la meta del modelo y determinar la ecuación gobernante y el programa a seleccionar.
②	Modelo conceptual	Elaborar el modelo conceptual del sistema Determinar los límites de la unidad hidrogeológica y del sistema e incorporar datos como la información acerca del balance hídrico y la constante del acuífero.
③	Selección del programa	Seleccionar la ecuación gobernante y el programa (código). En el presente proyecto, se seleccionó el código MODFLOW para el análisis de simulación del flujo de agua subterránea como se ha mencionado anteriormente, y se utilizó el software integrado "Visual MODFLOW" (fabricado por Waterloo

		Hydrogeologic) que incluye pretratamiento y postratamiento para el análisis.
④	Diseño del modelo	Expresar el modelo conceptual de manera que sea adecuado para la modelación. En esta etapa, se diseña la cuadrícula y se seleccionan el intervalo de tiempo, las condiciones límites y las condiciones iniciales, así como los valores aproximados de la constante del acuífero y la carga hidrológica.
⑤	Prueba de interpolación y verificación	Determinar los valores de la constante del acuífero y la carga hidrológica que se puedan aproximar al cabezal hidráulico y al caudal medidos realmente en el campo mediante la prueba de interpolación. La prueba de interpolación se realiza ajustando los parámetros por ensayo y error o mediante un programa de estimación automática de parámetros. En el presente proyecto se realizó por ensayo y error.
⑥	Previsión	La previsión consiste en cuantificar la posible respuesta del sistema de agua subterránea contra eventos futuros. Se evalúa la carga futura ingresando el valor cambiante de la carga futura en el modelo elaborado de acuerdo con los valores de los parámetros interpolados y verificados.
⑦	Presentación de los resultados	Presentar el diseño del modelo y los resultados claramente para transmitir de manera eficaz el trabajo de modelación.
⑧	Evaluación posterior	Realizar la evaluación posterior varios años después de terminar la modelación. Recolectar nuevos datos en el campo y determinar si la previsión ha sido correcta o no. Si la previsión del modelo es correcta, se habrá establecido el modelo para ese sitio específico.

4.3.2 Código MODFLOW

Se utiliza el código MODFLOW para el análisis de simulación del flujo de agua subterránea. El código MODFLOW es un código de análisis utilizado ampliamente a nivel global y también están desarrollados varios softwares de entrada y salida.

MODFLOW (McDonald and Harbaugh, 1988) es un código de análisis de flujo de agua subterránea tridimensional desarrollado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos. MODFLOW resuelve el flujo de agua subterránea tridimensional representado en la siguiente ecuación diferencial parcial mediante el método de diferencias finitas.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - W = S_s \frac{\partial h}{\partial t} \quad (\text{Fórmula 4-1})$$

Aquí, K_{xx} , K_{yy} y K_{zz} son las conductividades hidráulicas (la dimensión es LT^{-1}) en las direcciones de los ejes x , y , z respectivamente, h es el cabezal hidráulico de agua subterránea confinada (L), W es la cantidad de entrada o salida de agua por unidad de volumen (T^{-1}), S_s es la cantidad de almacenamiento específico (L^{-1}) y t es el tiempo (T).

En MODFLOW se adopta un sistema de cuadrícula centrada en unidades bajo el cual se divide un área de cálculo tridimensional en celdas cúbicas o rectangulares (también se llaman unidades, células o elementos de cálculo), como se muestra en la Figura 4.3.2, y se hace que el punto central de cada celda de la cuadrícula represente las propiedades de la cuadrícula en conjunto.

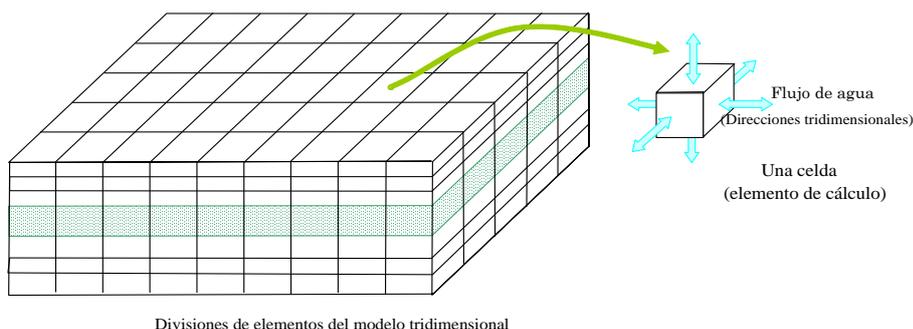


Figura 4.3.2 División de la Cuadrícula del Modelo Tridimensional de MODFLOW

En el cálculo real se determina la cantidad de entrada y salida de agua en las direcciones x, y, z para cada celda dividida mediante el método de diferencias finitas. El código MODFLOW también se puede aplicar a un plano bidimensional, un modelo de sección transversal bidimensional y un modelo cuasi tridimensional, y en caso de plano bidimensional la cuadrícula computacional es un cuadrado o rectángulo.

MODFLOW viene con varios códigos de subrutina, como el paquete de río, el paquete de vía fluvial y el paquete de límite de cabezal general, además del código de cálculo de flujo de agua subterránea, que es el código principal. Mediante el uso de estos paquetes, es posible calcular la entrada y salida de agua en diversas condiciones límites externas.

4.3.3 Parámetros Hidrogeológicos

(1) Parámetros necesarios para la simulación de MODFLOW

En MODFLOW es necesario establecer diversos parámetros sobre la forma del modelo, el tipo de acuífero, las condiciones límites, las condiciones iniciales, el tiempo, las propiedades hidrogeológicas y los paquetes relacionados. Se resumen los parámetros básicos necesarios para la simulación de MODFLOW que se realiza en el presente estudio en la Tabla 4.3.2.

Tabla 4.3.2 Parámetros Básicos Necesarios para la Simulación de MODFLOW

Tipo	Nombre	Contenido	Nota
Forma del modelo	Estructura del modelo	Número de filas/columnas Tamaño de la cuadrícula del plano Número de capas del modelo	
	Estructura hidrogeológica	Altitud de la cara superior por capa Altitud de la cara inferior por capa	Especificar por cuadrícula
Características del acuífero	Tipo de acuífero	Confinado, no confinado, confinado/no confinado (coeficiente de transmisibilidad constante), confinado/no confinado (coeficiente de transmisibilidad variable)	Especificar por cuadrícula
	Relación de anisotropía	Relación de anisotropía horizontal	
	Método de cálculo de la constante hidrogeológica	Coficiente de transmisibilidad Coficiente de fuga Coficiente de almacenamiento	
	Opción	Con o sin consideración de almacenamiento intercalado	

Tipo	Nombre	Contenido	Nota
Condiciones límites	Condiciones límites básicas	Cuadrícula computacional Cuadrícula no computacional Cuadrícula de cabezal hidráulico fijo	Especificar por cuadrícula Fijar la cuadrícula de cabezal hidráulico fijo por el cabezal hidráulico inicial
Condiciones iniciales	Condiciones iniciales del flujo de agua subterránea	Cabezal hidráulico inicial	Especificar por cuadrícula
Tiempo	Método de cálculo	Selección del estado estacionario o no estacionario	
	Unidad de tiempo	Selección de la unidad de tiempo	
	Pasos de cálculo	Longitud, número de pasos de división, etc.	En caso de cálculo de estado no estacionario, especificar por paso
Propiedades hidrogeológicas	Propiedad de permeabilidad	Conductividad hidráulica horizontal (Coeficiente de transmisibilidad) Conductividad hidráulica vertical (Coeficiente de fuga vertical)	() corresponde al caso en el que el usuario especifica
	Características de almacenamiento	Cantidad de almacenamiento específico (Coeficiente de almacenamiento) ⁽¹⁾ Porosidad efectiva Rendimiento específico ⁽²⁾	() corresponde al caso en el que el usuario especifica ⁽¹⁾ No es necesario en caso de cálculo de estado estacionario ⁽²⁾ No es necesario en caso de acuífero confinado

De estos parámetros, los relacionados con las propiedades hidrogeológicas se subdividen en los que representan la permeabilidad y los que representan la almacenabilidad. Los parámetros que representan la permeabilidad incluyen ①la conductividad hidráulica horizontal y ②la conductividad hidráulica vertical, y si se ingresan estos valores en MODFLOW, este los multiplicará automáticamente por el espesor del acuífero o el espesor de la zona de saturación para calcular el coeficiente de transmisibilidad o el coeficiente de fuga vertical. En MODFLOW, el usuario también puede preparar el coeficiente de transmisibilidad y el coeficiente de fuga vertical de forma independiente e ingresarlos directamente en el modelo.

Por otra parte, los parámetros que representan la almacenabilidad incluyen ①la cantidad de almacenamiento específico (coeficiente de almacenamiento), ②la porosidad efectiva y ③el rendimiento específico. La cantidad de almacenamiento específica también se puede ingresar como coeficiente de almacenamiento considerando el espesor del acuífero. El rendimiento específico debe ingresarse cuando el tipo de acuífero es acuífero no confinado o confinado/no confinado.

Además, en MODFLOW hay varios paquetes relacionados, de los cuales los utilizados en la simulación del presente proyecto son de cuatro tipos: recarga, pozo, cabezal hidráulico conocido (cabezal hidráulico fijo) y límite de cabezal hidráulico general. De estos paquetes, respecto al paquete de límite de cabezal hidráulico general se describe su método de uso en el apartado 4.3.5(1): Condiciones límites.

Asimismo, en el apartado siguiente se describe método para determinar los valores iniciales de los parámetros que indican propiedades hidrogeológicas.

(2) **Coefficiente de transmisibilidad y conductividad hidráulica**

El coeficiente de transmisibilidad es el parámetro más importante que indica la capacidad del acuífero, y en caso de acuífero confinado, se define mediante la siguiente fórmula.

$$T = k \cdot b \quad (\text{Fórmula 4-2})$$

Aquí, T es el coeficiente de transmisibilidad [L²T⁻¹], k es la conductividad hidráulica [LT⁻¹] y b es el espesor del acuífero [L]. Como se desprende de esta fórmula, el coeficiente de transmisibilidad indica no solo la permeabilidad de las capas que componen el acuífero, sino que, al multiplicarlo por su espesor, también indica la capacidad de todo el acuífero. Por otra parte, en caso de acuífero no confinado, el coeficiente de transmisibilidad se define mediante la siguiente fórmula.

$$T = h \cdot b \quad (\text{Fórmula 4-3})$$

Aquí, h es el espesor de la parte saturada del acuífero no confinado [L]. Por lo tanto, se debe prestar atención a que en caso de un acuífero no confinado, o cuando se establezca el tipo de acuífero como "confinado/no confinado (coeficiente de transmisibilidad variable)" en MODFLOW, el coeficiente de transmisibilidad cambia dependiendo del nivel del agua incluso en el mismo acuífero.

Los valores normales de la conductividad hidráulica de las principales capas son como se muestran en la Figura 4.3.3. Asimismo, según los datos existentes la distribución de la conductividad hidráulica del acuífero Las Sierras es como se muestra en la Figura 4.3.4. A partir de estos datos, se estableció el valor inicial de la conductividad hidráulica horizontal del acuífero Las Sierras como se muestra en la Figura 4.3.5.

Asimismo, la conductividad hidráulica vertical se estableció en 1/5 de la conductividad hidráulica horizontal arriba mencionada.

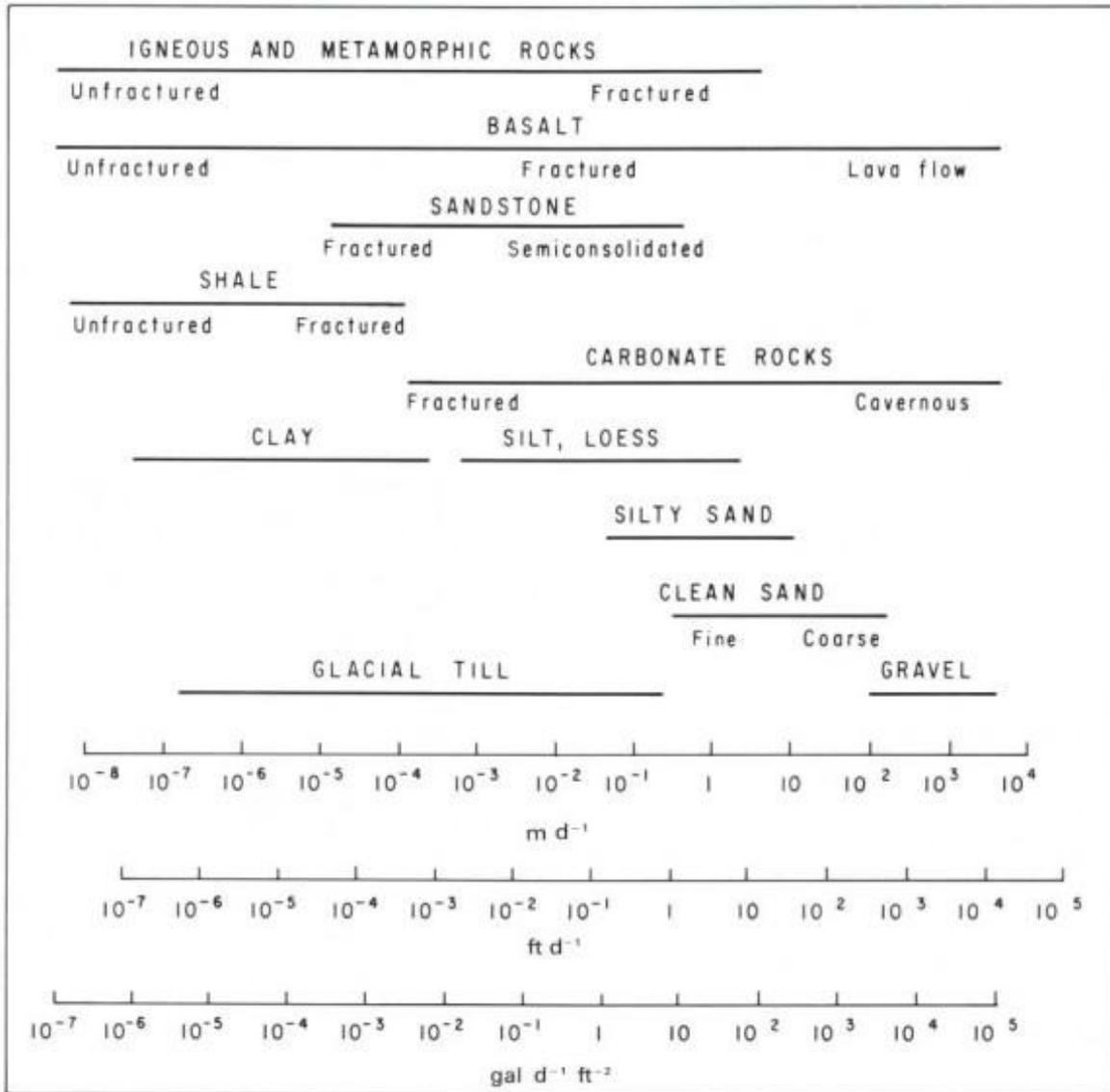


Figura 4.3.3 Rango de Conductividad hidráulica de las Principales Capas¹

¹ RALPH C. HEATH (2009): Basic Ground-Water Hydrology, U.S. GEOLOGICAL SURVEY WATER-SUPPLY Paper

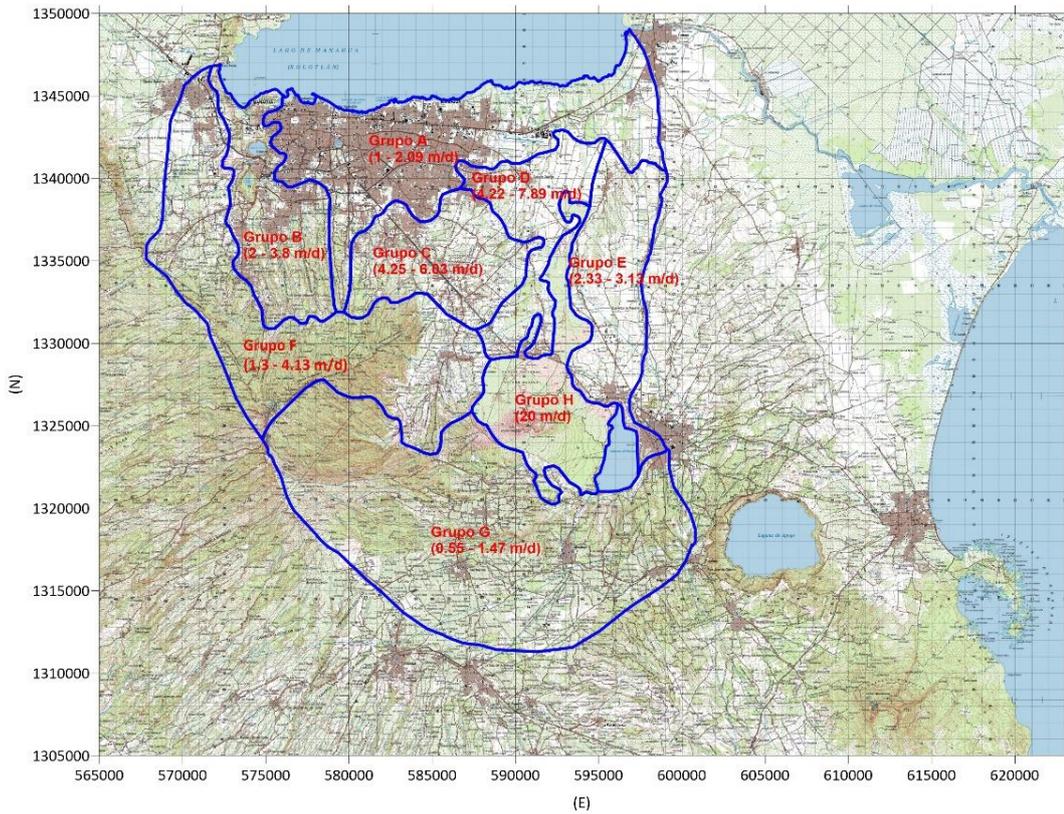


Figura 4.3.4 Distribución de la Conductividad Hidráulica Horizontal del Acuífero Las Sierras según los Datos Existentes

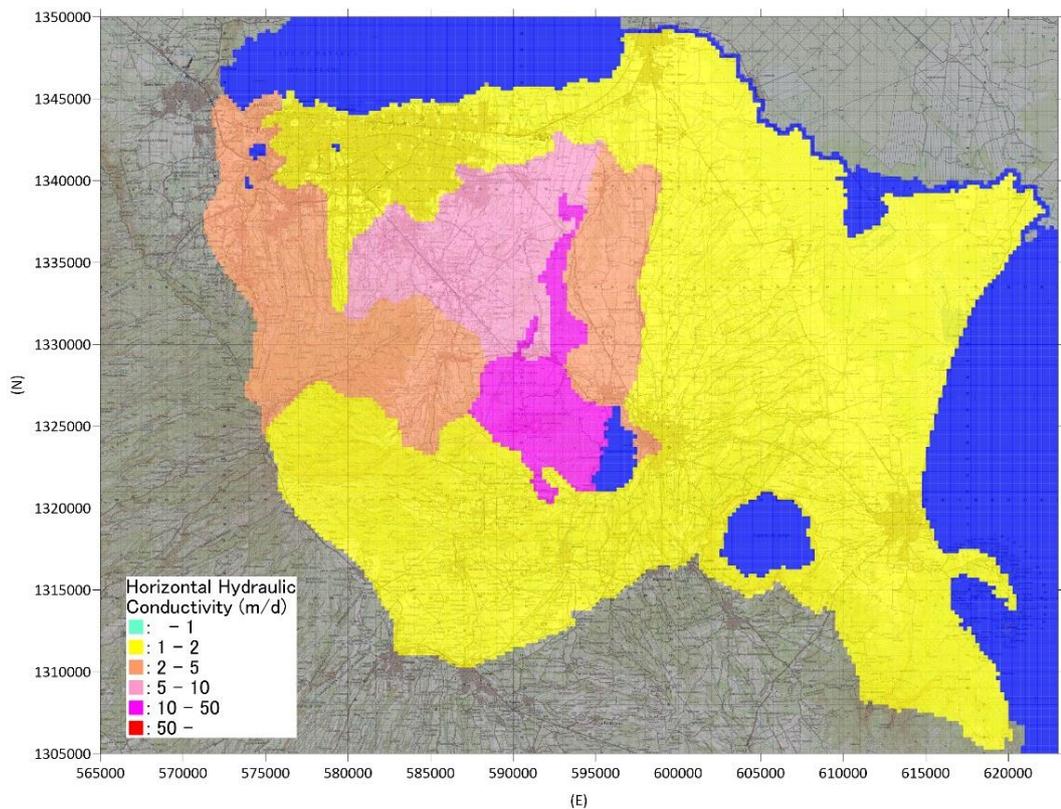


Figura 4.3.5 Distribución del Valor Inicial de la Conductividad Hidráulica Horizontal del Acuífero Las Sierras

(3) Coeficiente de almacenamiento

El coeficiente de almacenamiento es un parámetro que indica la capacidad de almacenamiento del acuífero, pero su valor difiere mucho entre el acuífero confinado y el acuífero no confinado, y el valor del primero es mucho menor que el del segundo. Esto se debe a que el acuífero confinado siempre está saturado con agua subterránea incluso si el cabezal baja, mientras que en el acuífero no confinado, el espesor de la zona de saturación disminuye a medida que baja el nivel del agua subterránea, aumentando la descarga del agua. Por lo tanto, en caso de acuíferos no confinados, el coeficiente de almacenamiento es casi igual a la porosidad efectiva (\cong rendimiento específico).

Para captar el coeficiente de almacenamiento se requiere una prueba de bombeo continuo a gran escala con un pozo de bombeo y un pozo de observación, pero no hay muchos casos en los que se obtuvo el coeficiente de almacenamiento mediante dicho método en los datos existentes. Sin embargo, como se describe a continuación, el efecto del cambio en el coeficiente de almacenamiento sobre la capacidad específica es pequeño, e incluso en el modelo de simulación de agua subterránea, el efecto del coeficiente de almacenamiento sobre el nivel de agua calculado es pequeño en comparación con el efecto del coeficiente de transmisibilidad, por lo cual se utiliza un valor común como valor inicial del cálculo.

(a) Características del coeficiente de almacenamiento

Cooper y Jacob (1946) afirmaron que cuando se bombea agua subterránea de un pozo completo de acuífero confinado de flujo inestable, la cantidad de caída del nivel del agua se expresa de manera simplificada como la siguiente fórmula.

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \left[\ln\left(\frac{4Tt}{r^2 S}\right) - 0.5772 \right] \quad (\text{Fórmula 4-4})$$

Aquí, s es la caída del nivel del agua [L], Q es la capacidad de bombeo [L³T⁻¹], T es el coeficiente de transmisibilidad [L²T⁻¹], t es el tiempo [T], r es el radio del pozo [L] y S es el coeficiente de almacenamiento [adimensional]. Si se convierte la Fórmula 4-4 al logaritmo común y se reescribe para examinar el efecto del cambio en el coeficiente de almacenamiento sobre la capacidad específica, la fórmula será como la siguiente.

$$Sc = \frac{Q}{s} = \frac{4\pi T}{2.30 \log(2.25Tt / r^2 S)} \quad (\text{Fórmula 4-5})$$

Aquí, Sc es la capacidad específica [L²T⁻¹]. Según esta fórmula, se entiende que la capacidad específica aumenta teóricamente en proporción al coeficiente de transmisibilidad, pero es inversamente proporcional a $\log t$, $\log(1/r^2)$ y $\log(1/S)$. La Figura 4.3.6 muestra gráficamente la relación entre la capacidad específica expresada en la Fórmula 4-5 y el coeficiente de almacenamiento.

Esta figura está creada suponiendo que el tiempo t es de 1 día, el radio del pozo r es de 0.1

m y la eficiencia del pozo es del 100%, pero aunque el coeficiente de almacenamiento cambie significativamente, se puede ver que el efecto que se da sobre la capacidad específica es extremadamente pequeño. Por lo tanto, incluso en el modelo de simulación de agua subterránea, el efecto del coeficiente de almacenamiento sobre el nivel de agua calculado es menor que el del coeficiente de transmisibilidad.

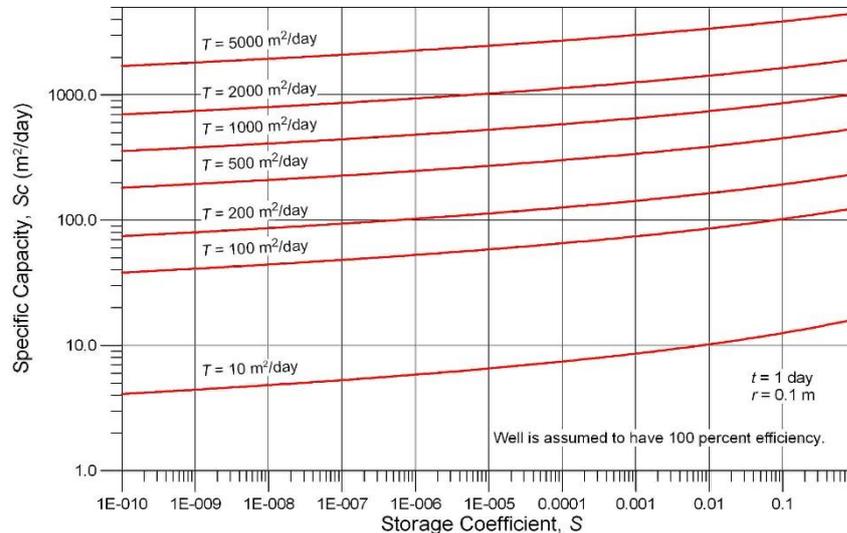


Figura 4.3.6 Relación Entre la Capacidad Específica, el Coeficiente de Almacenamiento y el Coeficiente de Transmisibilidad en Estado no Estacionario

(b) Valores que se ingresan en el modelo de agua subterránea

La Asociación Japonesa de Hidrología Subterránea (2010)² señala que, como valor empírico, el coeficiente de almacenamiento varía de 5.0E-03 a 5.0E-05 para el acuífero confinado, y de 4.0E-01 a 5.0E-02 para el acuífero no confinado. Por lo tanto, el coeficiente de almacenamiento que se ingresa en el modelo de simulación de agua subterránea como valor inicial será de 1.0E-03, que es el valor representativo del acuífero confinado, y solo se deberá cambiar el coeficiente de almacenamiento dentro de un rango razonable para que la fluctuación medida del agua subterránea se pueda reproducir en el proceso de verificación del modelo.

El coeficiente de almacenamiento también es un parámetro que considera el espesor del acuífero, y el coeficiente de almacenamiento por unidad de espesor se denomina cantidad de almacenamiento específica.

$$S = Ss \cdot b \tag{Fórmula 4-6}$$

Aquí, S es el coeficiente de almacenamiento [adimensional], Ss es la cantidad de almacenamiento específica [L-1] y b es el espesor del acuífero [L]. Se estableció que el valor de ingreso inicial de la cantidad de almacenamiento específica del acuífero Las

² Asociación Japonesa de Hidrología Subterránea, Redacción por el Grupo de investigación sobre la compilación de la teoría básica del análisis del flujo de agua subterránea (2010): Simulación de agua subterránea, Gihodo Shuppan, p232

Sierras es de $1.0E-05 \text{ m}^{-1}$, considerando el coeficiente de almacenamiento arriba mencionado $1.0E-03$.

Por otra parte, se presentan los valores de la siguiente tabla como rango de la cantidad de almacenamiento específica y del rendimiento específico, los cuales se utilizarán como materiales a considerar durante la prueba de interpolación.

Tabla 4.3.3 Rango de Capacidad Específica³

Naturaleza del suelo	Ss (m^{-1})
Arcilla plástica	$2.0 \times 10^{-2} - 2.6 \times 10^{-3}$
Arcilla dura	$2.6 \times 10^{-3} - 1.3 \times 10^{-3}$
Arcilla un poco dura	$1.3 \times 10^{-3} - 9.2 \times 10^{-4}$
Arena no densa	$1.0 \times 10^{-3} - 4.9 \times 10^{-4}$
Arena densa	$2.0 \times 10^{-4} - 1.3 \times 10^{-4}$
Grava densa	$1.0 \times 10^{-4} - 4.9 \times 10^{-5}$
Roca con grietas	$6.9 \times 10^{-5} - 3.3 \times 10^{-6}$
Roca consolidada	3.3×10^{-6} o menos

Fuente: Modificado de Domenico (1972)

Tabla 4.3.4 Rango del Rendimiento Específico³

Sustancias	Número de medición	Valor	Promedio simple	
Sedimentos	Arenisca (grano fino)	47	0.02 - 0.40	0.21
	Arenisca (grano medio)	10	0.12 - 0.41	0.27
	Limolita	13	0.01 - 0.33	0.12
	Arena (grano fino)	287	0.01 - 0.46	0.33
	Arena (grano medio)	297	0.16 - 0.46	0.32
	Arena (grano grueso)	143	0.18 - 0.43	0.30
	Grava (grano fino)	33	0.13 - 0.40	0.28
	Grava (grano medio)	13	0.17 - 0.44	0.24
	Grava (grano grueso)	9	0.13 - 0.25	0.21
	Limolita	299	0.01 - 0.39	0.20
	Arcilla	27	0.01 - 0.18	0.06
	Caliza	32	0 - 0.36	0.14
	Eolianita	Loess	5	0.14 - 0.22
Eolianita		14	0.32 - 0.47	0.38
Roca	Esquistos	11	0.22 - 0.33	0.26
	Toba	90	0.02 - 0.47	0.21

Fuente: Morris Johnson (1967)

4.3.4 Estructura del modelo de agua subterránea

La cuadrícula del plano del modelo tridimensional de área amplia se estableció para cubrir el alcance del análisis que se muestra en la Figura 4.2.3. La cuadrícula del modelo se basa en la banda 16 del sistema de coordenadas UTM del sistema geodésico mundial WGS84, y el tamaño del plano de cada celda es de 250m x 250m, que es casi igual que el modelo INETER (dirección X: 232 celdas, dirección Y: 180 celdas). En la Figura 4.3.7 se muestra la cuadrícula analítica y la distribución geológica superficial del área objeto del cálculo.

³ Supervisión de la traducción por Katsuyuki Fujinawa (1994) Modelo de agua subterránea Base de la simulación práctica, Kyoritsu Shuppan, p246

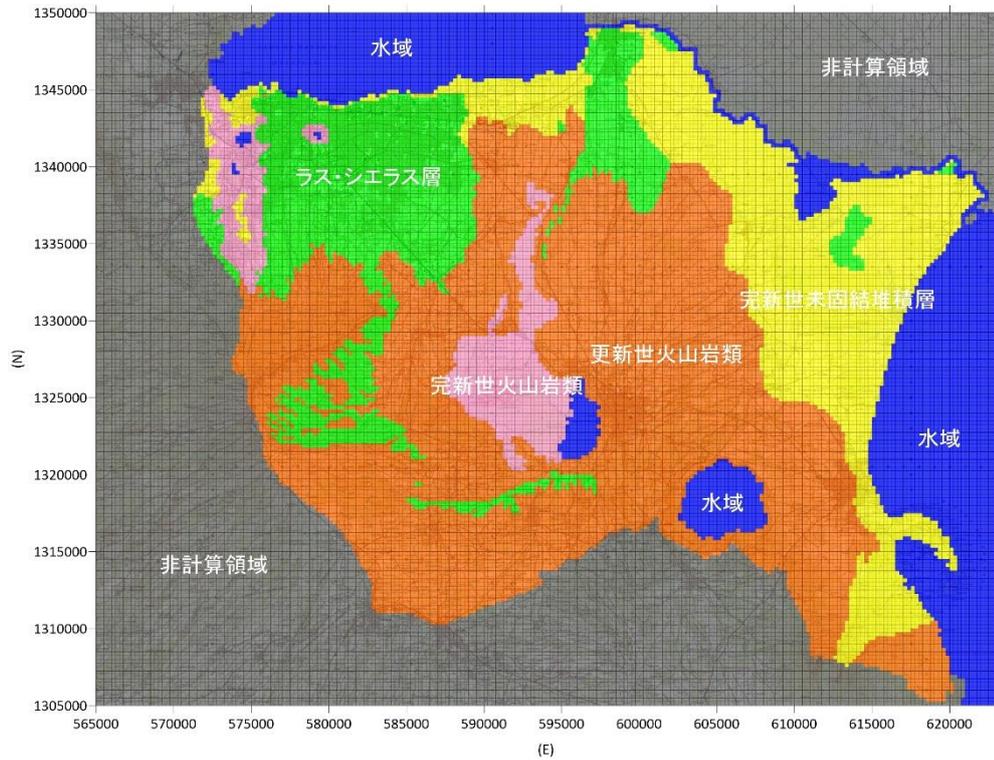


Figura 4.3.7 Cuadrícula Analítica Simulada

Asimismo, respecto a la dirección vertical se estableció un modelo de estructura de 4 capas mostrada en la siguiente tabla, tomando la capa inferior del acuífero Las Sierras como base hidrogeológica. No obstante, incluso en aquellas celdas donde no están distribuidos el primer y segundo acuíferos mostrados en la Figura 4.3.8, se estableció que el espesor de ambos acuíferos era de aproximadamente 1m en lugar de 0 para realizar un ajuste con parámetros hidrogeológicos. Además, respecto a la pequeña colina del cráter (topografía de la caldera), también se ajustó ingresando los parámetros hidrogeológicos correspondientes a las rocas intrusivas, suponiendo que están distribuidos del primer al cuarto acuíferos.

Tabla 4.3.5 Clasificación de los Acuíferos

Primer acuífero	Capa sedimentaria no consolidada del Holoceno	Rocas intrusivas como calderas
Segundo acuífero	Rocas volcánicas del Holoceno	
	Rocas volcánicas del Pleistoceno	
Tercer acuífero	Acuífero Las Sierras	
	(Rocas volcánicas del Plioceno-Pleistoceno)	
Cuarto acuífero	Base hidrogeológica	

Ajustar con parámetros hidrogeológicos, dando 1m de espesor
 Ajustar con parámetros hidrogeológicos de las rocas intrusivas

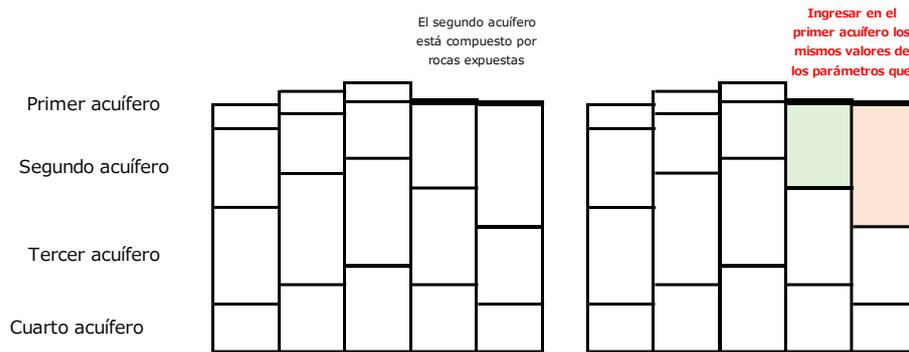


Figura 4.3.8 Concepto de Celda Donde no Está Distribuido el Primer Acuífero

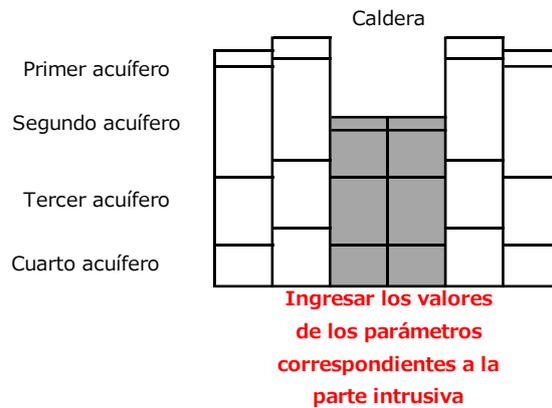


Figura 4.3.9 Concepto de Celda de Topografía de la Caldera

El espesor de cada acuífero se estimó a partir de las columnas geológicas, etc. proporcionadas por JICA (1993), Arriola Picado, Manuel Salvador (2012), Jesse Stimson y Martha Espinoza Ruiz (2000), modelo INETER, ENACAL y ANA. No obstante, respecto a la parte sureste del área analizada, no había datos existentes sobre el límite inferior del tercer acuífero, por lo cual de acuerdo con la descripción de Jesse Stimson y Martha Espinoza Ruiz (2000) de que "la profundidad máxima del pozo en el acuífero Las Sierras es de 150m", se estableció que el tercer acuífero tuviera un espesor de 150m o más.

En las Figura 4.3.10 y Figura 4.3.11 se muestran la profundidad de la cara inferior y el espesor del tercer acuífero respectivamente.

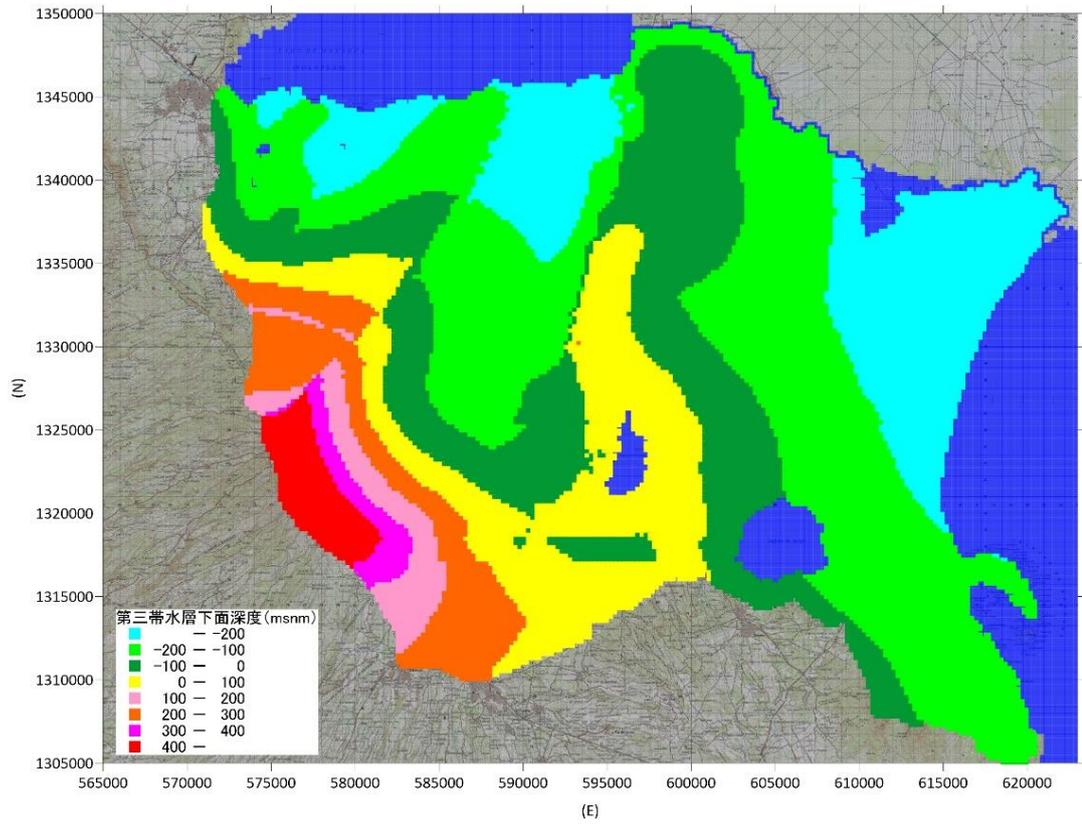


Figura 4.3.10 Distribución de la Profundidad de la Cara Inferior del Tercer Acuífero

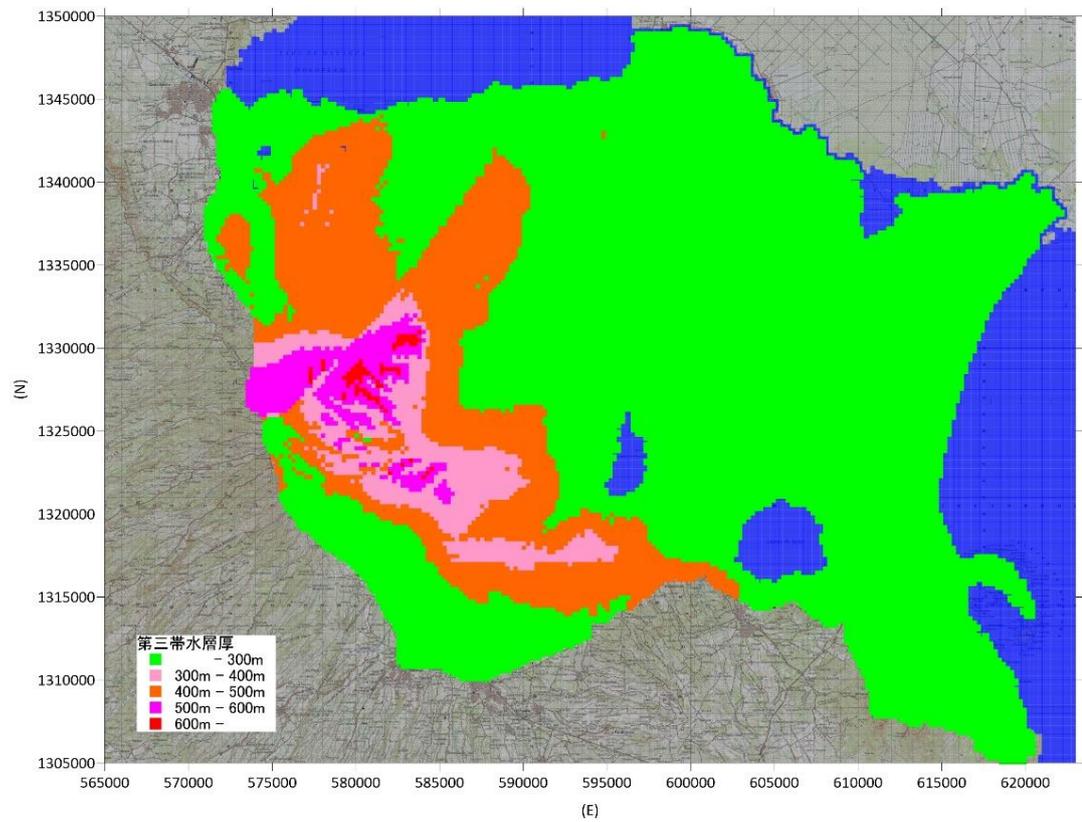


Figura 4.3.11 Distribución del Espesor del Tercer Acuífero

4.3.5 Condiciones Límites del Modelo de Flujo Tridimensional

En el modelo de simulación, es necesario establecer las condiciones límites teniendo en cuenta las condiciones hidrogeológicas. En el presente proyecto, se establecen las siguientes condiciones límites.

(1) Límite cerrado

El límite cerrado es el límite donde el flujo de agua subterránea no ocurre entre el interior y el exterior, y en el modelo de flujo tridimensional, se estableció la base del modelo como límite cerrado. Además, las celdas fuera del alcance del análisis se trataron como "celdas inactivas (celdas de cálculo impermeable)" en el modelo y se excluyeron del área de cálculo.

(2) Límite de cabezal hidráulico conocido (cabezal hidráulico fijo)

Los lagos y sistemas hidráulicos mostrados en la Figura 4.3.12 se establecieron como cabezales hidráulicos conocidos (cabezales hidráulicos fijos). Asimismo, los respectivos niveles del agua, etc. se indican en la Tabla 4.3.6 de acuerdo con los datos existentes.

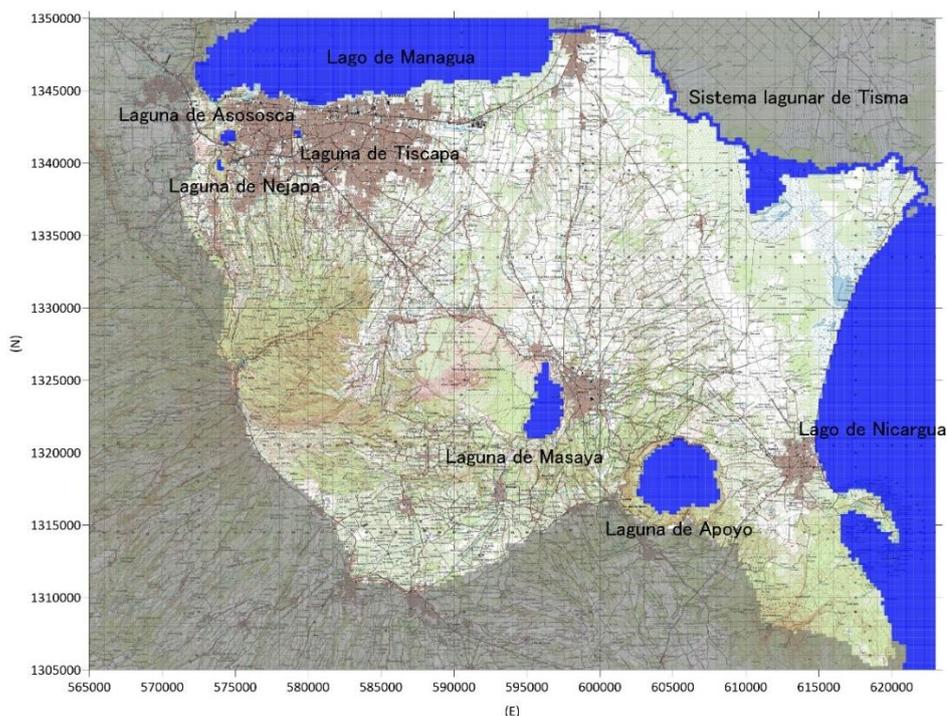


Figura 4.3.12 Celdas Donde Está Establecido el Cabeza Hidráulico Conocido (Cabezal Hidráulico Fijo) (■)

Tabla 4.3.6 Nivel del Agua y Profundidad de los Lagos y Sistemas Hidráulicos

	Nivel del espejo de agua	Profundidad promedio	Fuente
Lago de Managua	39 msnm	7.8 m	ENACAL (2007) in Manuel Arriola Picado (2012)
Lago de Nicaragua	31 - 32 msnm	13.2 m	ENACAL (2007) in Manuel Arriola Picado (2012)
Laguna de Asososca	36.5 msnm	95 m	Érika Sánchez Alemán (2020)
Laguna de Tiscapa	48.53 msnm	40.6 m	Érika Sánchez Alemán (2020)
Laguna de Nejapa	42.49 msnm	3.5 m	Érika Sánchez Alemán (2020)
Laguna de Masaya	119 msnm	73 m	Vázquez-Prada Baillet, D. et al. (2008)
Laguna de Apoyo	72 msnm	175 m	Jesse Stimson 1 & Martha Espinoza Ruiz (2000) Heyddy Calderón Palma y Yelba Flores Meza (2010)
Sistema lagunar de Tisma	Aster GDEM 3		Aster GDEM 3

(3) Límite de cabezal hidráulico general

El límite de cabezal hidráulico general es una condición límite en la cual la celda establecida se puede cambiar como cabezal hidráulico conocido y a medida que avanza la simulación. El cálculo en el límite de cabezal hidráulico general se realiza bajo el supuesto de que hay un límite de cabezal hidráulico fijo en el exterior de una celda específica y que hay una sustancia con una determinada conductancia hidráulica entre esa celda y el límite de cabezal hidráulico fijo.

En el modelo de flujo tridimensional, en el lado oeste y el sur del alcance del análisis de simulación mostrado en la Figura 4.3.7, se estableció el límite de cabezal hidráulico general en una celda exterior de la celda objeto del análisis (Figura 4.3.13). Usando esta celda como cabezal hidráulico conocido, se estimó el nivel del agua a partir de los datos existentes (JICA (1993), Jesse Stimson y Martha Espinoza Ruiz (2000), etc.).

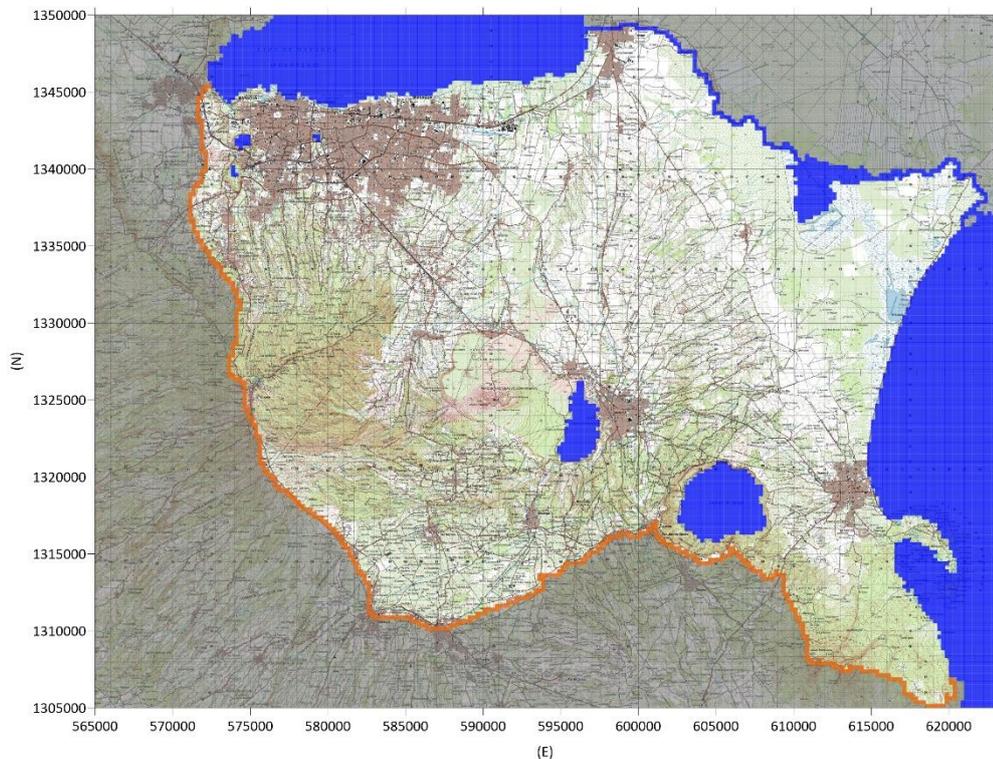


Figura 4.3.13 Celdas Donde se Estableció el Límite de Cabezal Hidráulico General (■)

4.3.6 Nivel del Agua Inicial

Para el tercer acuífero, se creó mapa de distribución del nivel del agua subterránea a partir de los datos existentes (JICA (1993), Arriola Picado, Manuel Salvador (2012), Jesse Stimson y Martha Espinoza Ruiz (2000)) (Figura 4.3.14). Esta distribución del nivel del agua subterránea se utilizó de la siguiente manera.

- Paso 1: Nivel del agua inicial utilizado en caso de realizar el cálculo de corrección de los valores de los parámetros de manera que se pueda reproducir una distribución aproximada del nivel del agua subterránea realizando el cálculo de estado estacionario con los parámetros hidrogeológicos obtenidos de los estudios anteriores y valores generales (cálculo de estado estacionario de 36,500 días usando el valor de capacidad de bombeo y el valor de recarga de diciembre de 2019).
- Paso 2: Nivel del agua inicial en caso de calcular el estado no estacionario de 7,300 días usando el valor de capacidad de bombeo y el valor de recarga de enero de 2011 para establecer el nivel del agua inicial para el cálculo del estado actual.

Asimismo, respecto al nivel del agua inicial al realizar el cálculo del estado actual (cálculo de estado no estacionario de enero de 2011 a diciembre de 2019 (108 períodos), se utilizó el nivel del agua en el día 6205 (han pasado aproximadamente 17 años desde 1993) del cálculo del paso 2 anterior. (Figura 4.3.15).

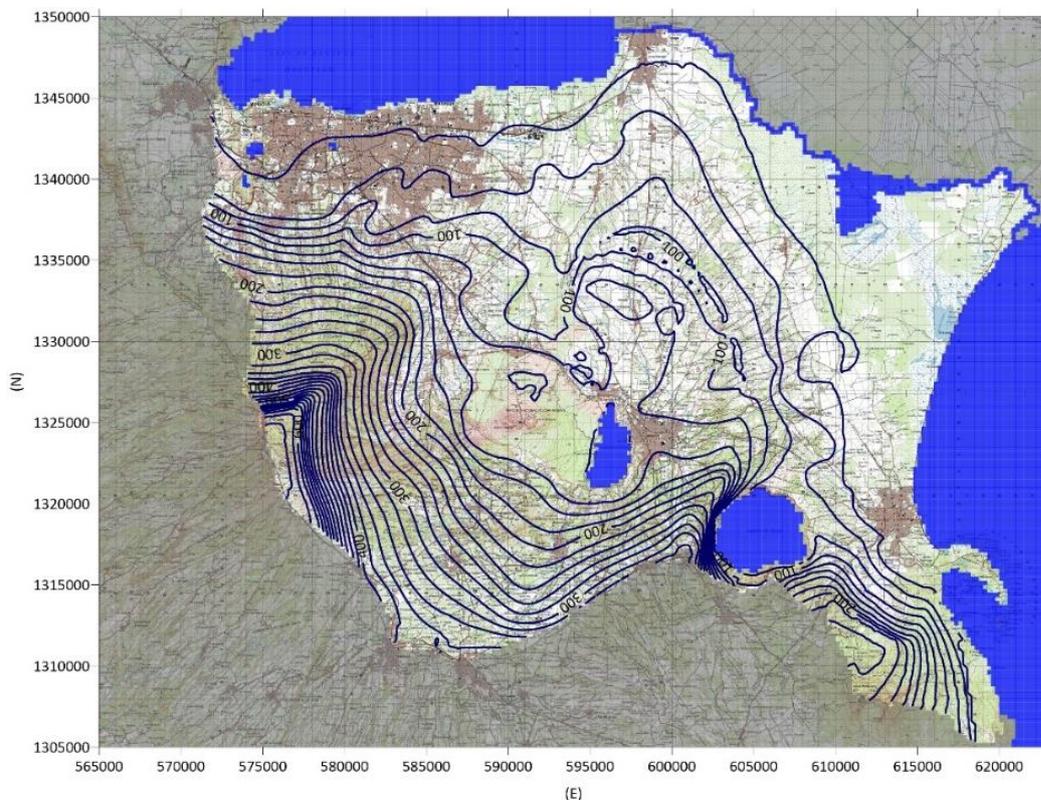


Figura 4.3.14 Distribución del Nivel del Agua Subterránea Elaborada a Partir de los Datos Existentes

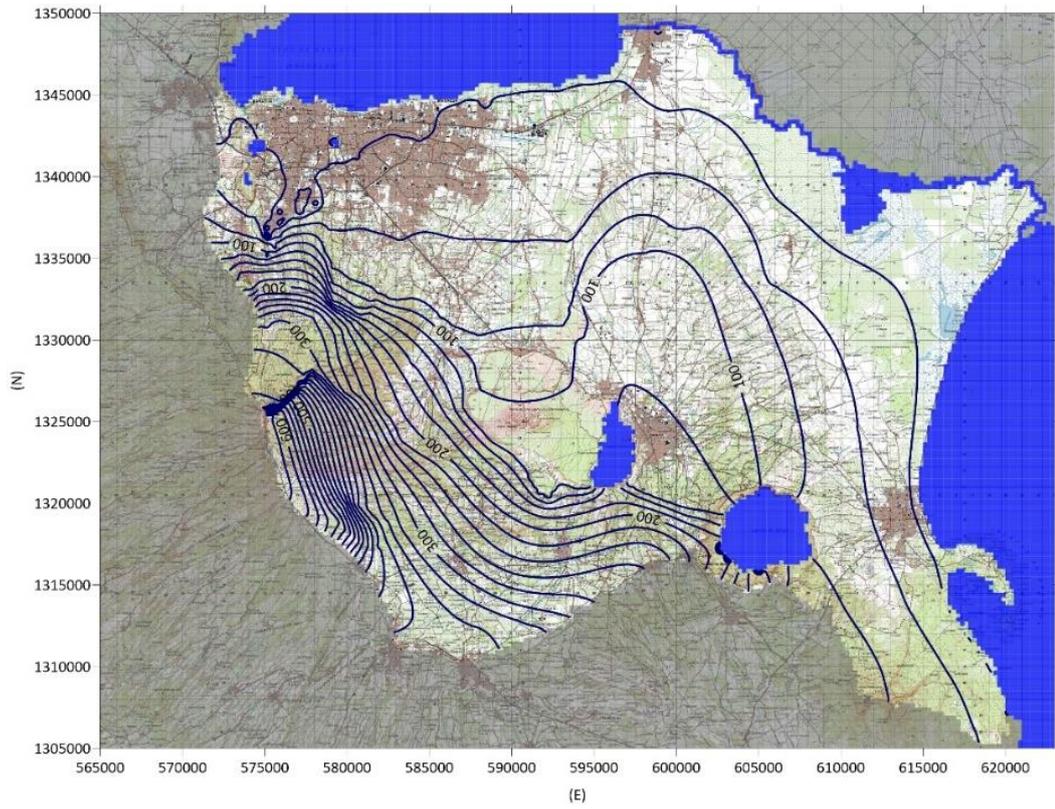


Figura 4.3.15 Nivel del Agua Inicial Utilizado para el Cálculo del Estado Actual

4.4 Estimación de la Recarga de Agua Subterránea

4.4.1 Estimación de la Recarga de Agua Subterránea Mediante el Modelo de Tanque

(1) Construcción del modelo de tanque y método de cálculo

El método de modelo de tanque es un método de análisis de escorrentía del río desarrollado por Sugawara (1972)⁴. Dado que es posible tratar el comportamiento del agua en una determinada cuenca, también se aplica al análisis de agua subterránea.

Como se muestra en la Figura 4.4.1, el modelo de tanque se basa en el flujo vertical que no considera la entrada de otras cuencas, al considerar una estructura en la cual están conectados tanques de almacenamiento de agua en serie como cuenca. Además, el modelo de tanque construido tiene como objetivo estimar la recarga de agua subterránea al parte no confinado de la capa no consolidada, y no se supone la entrada/salida entre este acuífero no confinado y el acuífero lateral.

El tanque superior representa el flujo de agua cerca de la superficie de la tierra y el tanque inferior representa el flujo de agua a gran profundidad. La altura de almacenamiento (profundidad del agua) de cada tanque representa la cantidad de agua almacenada en el suelo, y si llueve, la profundidad del agua aumenta, y si hay evapotranspiración, escorrentía o infiltración, la profundidad del agua disminuye.

La salida en el costado del tanque representa una escorrentía al río y la salida en el fondo del tanque representa una infiltración subterránea más profunda. Asimismo, la cantidad de escorrentía e infiltración desde cada tanque está proporcionada a la altura de almacenamiento del tanque. En el modelo de tanque de estructura de tres tanques que se muestra en la Figura 4.4.1, la cantidad de infiltración de agua que cae desde la salida en el fondo del tanque 2 al tanque 3 se puede considerar como recarga de agua subterránea. Por lo general, el cálculo se realiza a diario, y el significado de cada símbolo indicado en la Figura 4.4.1 es como se muestra en la Tabla 4.4.1.

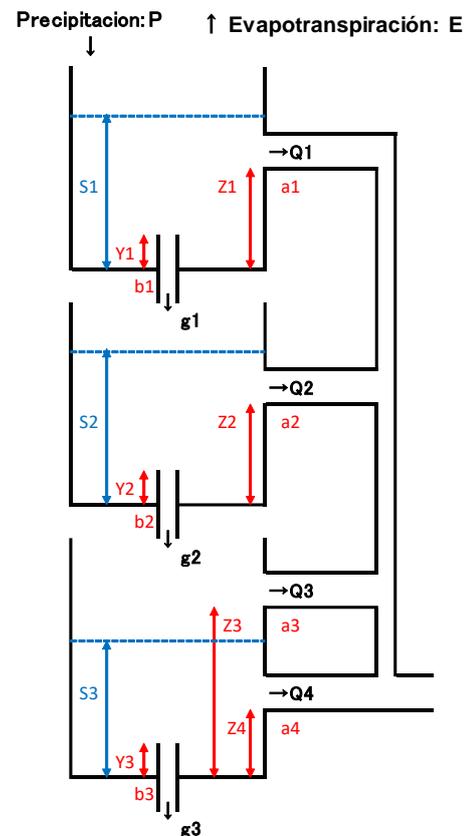


Figura 4.4.1 Ejemplo de modelo de

⁴ Masami Sugawara (1972): Curso de hidrología 7 Método de análisis de escorrentía, Kyoritsu Shuppan

Tabla 4.4.1 Parámetros del modelo de tanque

Símbolo	Nombre	Unidad
a1 - a4	Coficiente del orificio de escorrentía	1/día
Z1 - Z4	Altura del orificio de escorrentía	mm
b1 - b3	Coficiente del orificio de infiltración	1/día
Y1 - Y3	Altura del orificio de infiltración	mm
g1 - g3	Cantidad de infiltración	mm/día
S1 - S3	Altura de almacenamiento (Profundidad del agua)	mm
Q1 - Q4	Cantidad de escorrentía	mm/día

El coeficiente del orificio de escorrentía a y el coeficiente del orificio de infiltración b determinan la cantidad de escorrentía y la cantidad de infiltración del tanque respectivamente. Cuanto mayor es el valor del coeficiente, mayor será la cantidad de escorrentía/infiltración. Z representa la altura del orificio de escorrentía/infiltración, y si la altura de almacenamiento es menor que la altura del orificio, la escorrentía será 0.

El procedimiento de cálculo del modelo de tanque es como se indica a continuación.

El nivel del agua subterránea se calcula diariamente, estableciendo la fecha del inicio del cálculo como el primer día.

Se determina que la precipitación, la evapotranspiración y la escorrentía del día i son $P(i)$, $E(i)$ y $Q(i)$ respectivamente, la altura de almacenamiento del tanque después de agregar la precipitación a la altura de almacenamiento del día anterior y deducir la evapotranspiración de la misma es de $S1(i)$ a $S3(i)$, la cantidad de infiltración es de $g1(i)$ a $g3(i)$ y la cantidad de escorrentía del orificio de escorrentía es de $Q1(i)$ a $Q4(i)$. Además, se determina que la altura de almacenamiento de cada tanque del día anterior (día $i-1$) se expresa como $S'1(i-1)$ a $S'3(i-1)$.

Primero, se agrega la precipitación $P(i)$ a la altura de almacenamiento del día anterior $S'1(i-1)$ del tanque 1 (el tanque más superior) del día i , y después se deduce la cantidad de evapotranspiración $E(i)$ del tanque para encontrar la profundidad del agua $S1(i)$.

$$S1(i) = S'1(i-1) + P(i) - E(i)$$

La cantidad de evapotranspiración será la cantidad de evapotranspiración posible obtenida por el método de Thornthwaite que se describe más adelante, y si la altura de almacenamiento del tanque 1 es menor o igual a la cantidad de evapotranspiración posible, la altura de almacenamiento será la cantidad de evapotranspiración real ($S(i) \geq 0$).

Se supone que una cantidad de agua proporcional a esta altura de almacenamiento $S1(i)$ fluye desde el orificio de escorrentía y el orificio de infiltración. Sin embargo, si la altura de almacenamiento es menor que la altura del orificio de escorrentía/infiltración, la cantidad de escorrentía/infiltración será 0.

$$Q1(i)=a1 \times (S1(i)-Z1)$$

$$g1(i)=b1 \times (S1(i)-Y1)$$

Para determinar la altura de almacenamiento del tanque 2 $S2(i)$, se agrega a $S'2(i-1)$ del día anterior la cantidad de infiltración desde el tanque 1 $g1(i)$ en lugar de lluvia. $S'2(i)$ se determina al deducir de esta altura de almacenamiento $S2(i)$ la cantidad de escorrentía $Q2(i)$ y $g2(i)$.

$$S'1(i)=S1(i)-Q1(i)-g1(i)$$

Para determinar la altura de almacenamiento del tanque 2 $S2(i)$, se agrega a $S'2(i-1)$ del día anterior la cantidad de infiltración desde el tanque 1 $g1(i)$ en lugar de lluvia. $S'2(i)$ se determina al deducir de esta altura de almacenamiento $S2(i)$ la cantidad de escorrentía $Q2(i)$ y $g2(i)$.

$$S2(i)=S'2(i-1)+g1(i)$$

De la misma manera, se calcula hasta el tanque 3 y se establece que $g2(i)$ es la recarga de agua subterránea y el total de $Q1(i)$ a $Q4(i)$ es la cantidad de escorrentía al río. Asimismo, suponiendo que la altura de almacenamiento del tanque 3 corresponde a la cantidad de almacenamiento del nivel de agua subterránea en la cuenca, se considera que el valor obtenido al dividir el cambio de altura de almacenamiento del tanque 3 por la porosidad efectiva corresponde al cambio del nivel del agua subterránea.

En el análisis del modelo de tanque del presente proyecto, se incrementó el número de orificios laterales de los tanques 1 y 2 desde la estructura de tanques anterior (Figura 4.4.2). Asimismo, dado que no se pudieron obtener suficientemente los datos meteorológicos y los resultados de la medición del nivel del agua subterránea no confinada necesarios para el cálculo y la verificación, el cálculo se realizó mensualmente.

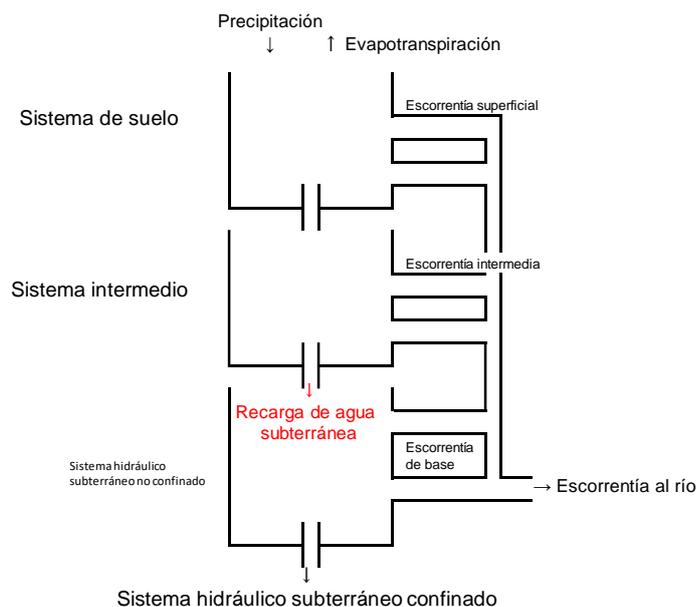


Figura 4.4.2 Estructura del Modelo de Tanque Aplicado en el Presente Estudio

(2) Datos meteorológicos y estimación de la cantidad de evapotranspiración posible

Se recopilaron y ordenaron la precipitación mensual y la temperatura media mensual de los tres observatorios mostrados en la Figura 4.4.3 de 2006 a 2019, y se estimó la cantidad de evapotranspiración posible a partir de la temperatura media mensual mediante el método de Thornthwaite.

Tres observatorios de los cuales se obtuvieron datos meteorológicos para estimar la cantidad de evapotranspiración posible

- AEROPUERTO INTERNACIONAL MANAGUA (A.C. Sandino)
- MASAYA (L. OXIDACION)
- CAMPOS AZULES (Masatepe)

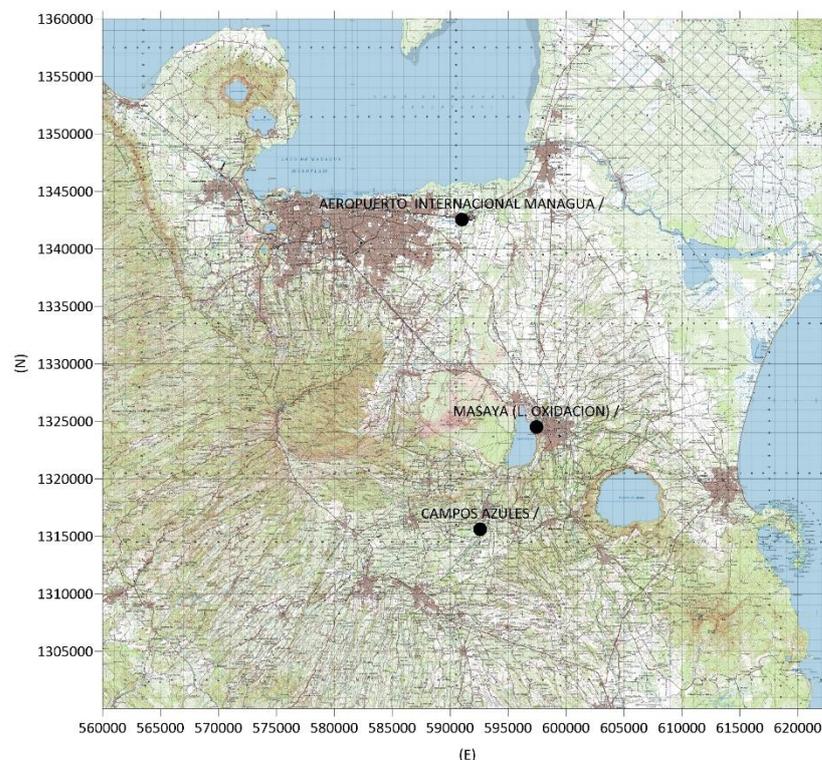


Figura 4.4.3 Puntos de Observación Meteorológica

(3) Datos del nivel del agua subterránea no confinada para la verificación

De los datos de nivel del agua subterránea de los pozos poco profundos para PNRH en seis puntos que se muestran en la Figura 4.4.4 proporcionados por ENACAL, los datos de nivel del agua subterránea en los tres puntos marcados en rojo se utilizaron como datos de verificación del nivel de agua calculado mediante el análisis del modelo de tanque.

Tres observatorios cuyos datos de nivel del agua subterráneo se utilizaron como materiales de verificación:

- Santa Clara (Granada)
- Los Placeres

- Hda EL Panama

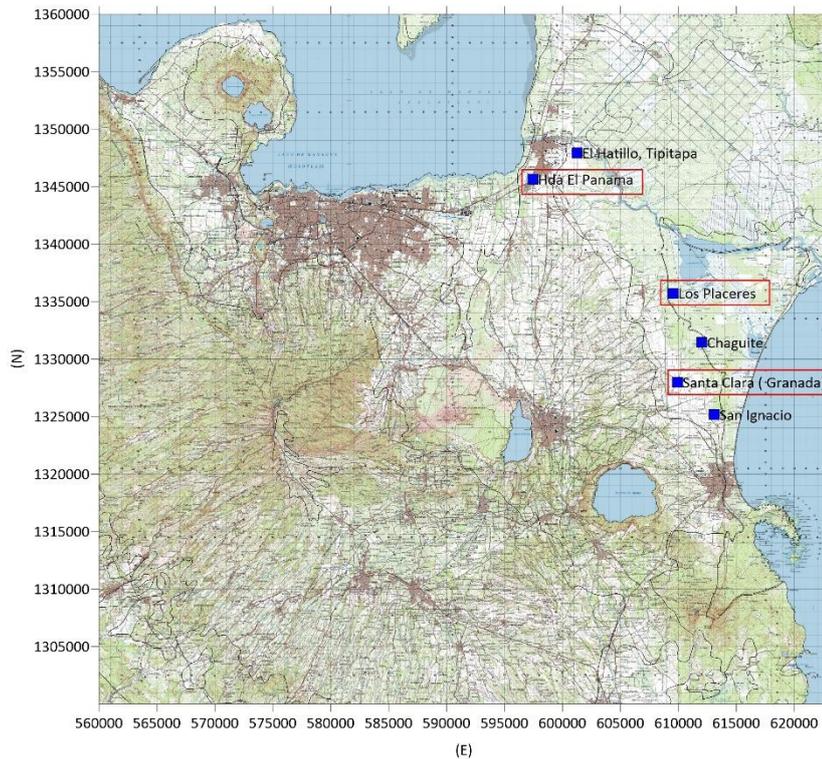


Figura 4.4.4 Puntos de observación del nivel del agua subterránea no confinada

(4) Resultados del análisis del modelo de tanque

Los resultados de la verificación del cálculo del modelo de tanque en los tres puntos de observación del nivel del agua subterránea no confinada descritos en el apartado anterior (3) se muestran en la Figura 4.4.5 a la Figura 4.4.7. Asimismo, la recarga mensual de agua subterránea en estos tres puntos se muestra en las Tabla 4.4.2 a Tabla 4.4.4. En el análisis del modelo de tanque, la recarga de agua subterránea puede ser mayor que la precipitación del período actual, dependiendo de la cantidad de agua restante en el tanque en el período anterior, y aunque no haya precipitaciones, en algunos casos puede generarse la recarga de agua subterránea.

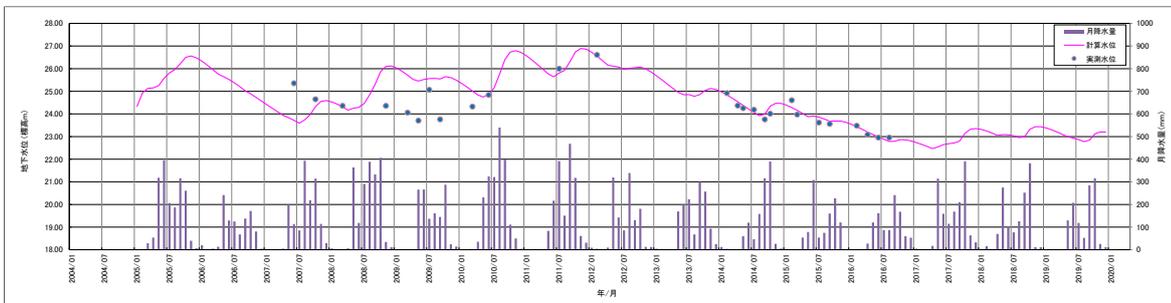


Figura 4.4.5 Santa Clara (Granada) (Datos meteorológicos: Masaya)

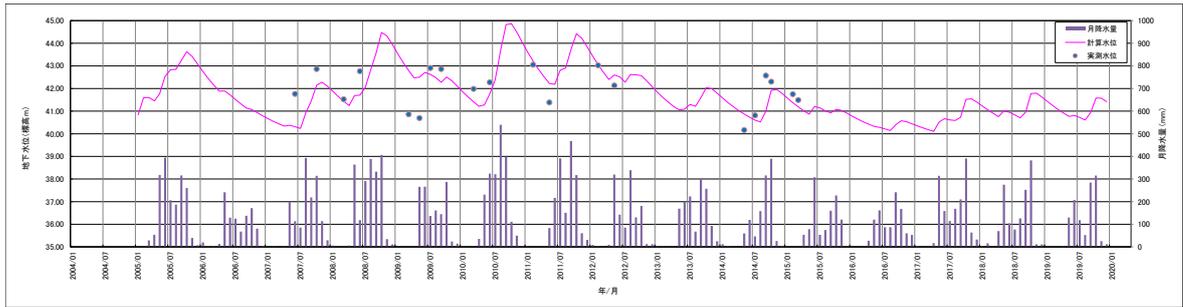


Figura 4.4.6 Los Placeres (Datos meteorológicos: Masaya)

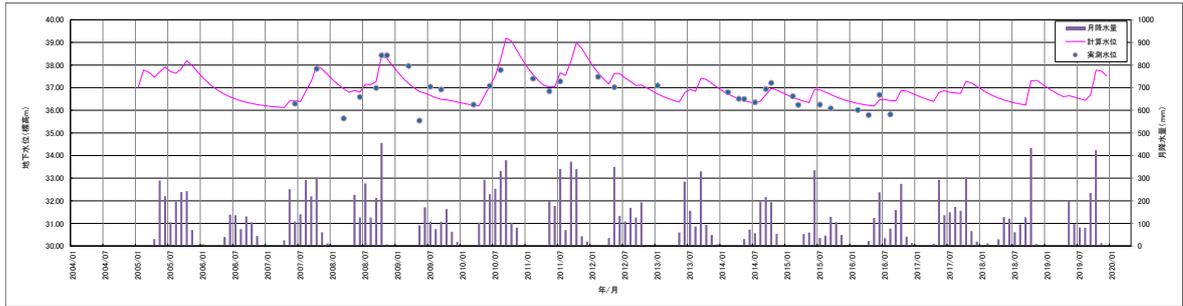


Figura 4.4.7 Hda El Panama (Datos meteorológicos: Aeropuerto Internacional Managua)

Tabla 4.4.2 Recarga Mensual de Agua Subterránea (Santa Clara)

		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2006年	降水量(mm)	19.70	3.00	4.60	13.20	241.40	129.00	124.70	67.40	137.70	171.40	80.40	4.20
	涵养量(mm)	14.05	8.43	5.06	3.04	14.67	13.12	7.87	4.72	2.83	6.80	4.08	2.45
	涵养率	71.33%	281.04%	109.97%	22.99%	6.08%	10.17%	6.31%	7.01%	2.06%	3.97%	5.08%	58.32%
2007年	降水量(mm)	0.50	1.70	0.00	4.30	200.10	113.60	85.70	393.00	218.60	314.40	113.90	29.20
	涵养量(mm)	1.47	0.88	0.53	0.32	6.72	4.03	2.42	43.21	55.64	76.26	58.22	31.11
	涵养率	293.94%	51.87%		7.38%	3.36%	3.55%	2.82%	11.00%	25.45%	24.25%	51.11%	106.53%
2008年	降水量(mm)	6.40	0.30	0.50	6.20	363.90	118.50	290.90	388.60	332.80	406.60	34.40	11.10
	涵养量(mm)	17.55	10.53	6.32	3.79	35.16	31.08	50.33	82.44	95.57	113.62	67.99	36.00
	涵养率	274.28%	3510.81%	1263.89%	61.16%	9.66%	26.23%	17.30%	21.22%	28.72%	27.94%	197.65%	324.28%
2009年	降水量(mm)	1.10	0.40	0.00	1.90	265.80	266.10	136.50	161.00	144.90	287.20	23.80	14.30
	涵养量(mm)	20.00	12.00	7.20	4.32	19.63	41.00	36.04	32.85	26.99	45.94	24.97	14.49
	涵养率	1817.97%	2999.65%		227.34%	7.39%	15.41%	26.40%	20.40%	18.62%	16.00%	104.92%	101.30%
2010年	降水量(mm)	1.50	0.10	0.00	35.20	231.30	324.00	321.10	539.50	398.30	110.60	49.80	3.60
	涵养量(mm)	8.69	5.21	3.13	1.88	13.37	45.24	69.28	118.03	131.07	85.50	46.11	25.05
	涵养率	579.42%	5214.74%		5.33%	5.78%	13.96%	21.57%	21.88%	32.91%	77.30%	92.58%	695.92%
2011年	降水量(mm)	2.60	0.00	0.00	2.00	83.30	216.40	391.30	150.90	467.80	317.70	60.70	30.80
	涵养量(mm)	14.53	8.72	5.23	3.14	1.88	13.18	56.99	49.08	90.53	99.39	60.73	32.36
	涵养率	558.72%			156.89%	2.26%	6.09%	14.56%	32.53%	19.35%	31.28%	100.05%	105.08%
2012年	降水量(mm)	8.60	3.90	0.70	9.50	319.50	142.40	85.60	338.80	130.70	181.00	12.80	12.20
	涵养量(mm)	18.18	10.91	6.55	3.93	28.28	28.71	16.36	41.75	37.01	38.13	21.07	12.53
	涵养率	211.42%	279.73%	935.09%	41.34%	8.85%	20.16%	19.11%	12.32%	28.31%	21.07%	164.59%	102.73%
2013年	降水量(mm)	3.90	3.10	1.80	0.00	169.30	200.30	223.20	67.70	299.40	257.30	93.10	25.10
	涵养量(mm)	7.52	4.51	2.71	1.62	2.14	11.52	28.11	16.16	38.24	55.20	40.30	22.15
	涵养率	192.82%	145.55%	150.40%		1.27%	5.75%	12.59%	23.87%	12.77%	21.45%	43.29%	88.25%
2014年	降水量(mm)	12.30	3.40	0.00	0.00	59.30	119.50	46.70	158.40	315.80	389.70	26.30	5.00
	涵养量(mm)	13.08	7.85	4.71	2.82	1.69	1.02	0.61	1.98	32.30	75.29	44.48	24.24
	涵养率	106.30%	230.74%			2.86%	0.85%	1.31%	1.25%	10.23%	19.32%	169.12%	484.78%
2015年	降水量(mm)	0.40	0.00	0.10	53.60	78.30	308.40	53.80	74.90	159.70	227.50	120.60	1.20
	涵养量(mm)	14.12	8.47	5.08	3.05	1.83	26.27	15.13	9.08	8.52	21.04	21.22	12.61
	涵养率	3529.88%		5083.02%	5.69%	2.34%	8.52%	28.13%	12.12%	5.33%	9.25%	17.60%	1050.98%
2016年	降水量(mm)	0.30	0.50	0.20	27.10	120.60	161.70	87.10	87.00	241.20	168.20	60.20	52.90
	涵养量(mm)	7.57	4.54	2.72	1.63	0.98	3.20	1.92	1.15	18.10	27.23	15.70	9.42
	涵养率	2522.35%	908.05%	1362.07%	6.03%	0.81%	1.98%	2.20%	1.32%	7.50%	16.19%	26.07%	17.80%
2017年	降水量(mm)	4.70	0.00	1.50	16.80	314.30	158.70	114.40	168.40	209.90	391.10	63.10	32.50
	涵养量(mm)	5.65	3.39	2.03	1.22	26.11	29.60	22.62	20.62	28.25	68.31	44.35	24.18
	涵养率	120.23%		135.62%	7.27%	8.31%	18.65%	19.77%	12.25%	13.46%	17.47%	70.29%	74.39%
2018年	降水量(mm)	2.90	15.60	0.20	69.80	274.70	104.20	76.70	125.80	252.00	382.40	11.50	10.90
	涵养量(mm)	14.09	8.45	5.07	3.04	22.08	17.47	10.48	6.29	23.47	67.21	35.61	19.80
	涵养率	485.82%	54.19%	2535.96%	4.36%	8.04%	16.77%	13.67%	5.00%	9.31%	17.58%	309.62%	181.68%
2019年	降水量(mm)	0.40	0.00	0.00	2.50	129.90	207.40	118.20	52.30	284.50	315.40	25.40	11.50
	涵养量(mm)	11.88	7.13	4.28	2.57	1.54	9.93	6.36	3.81	25.78	58.06	31.31	17.66
	涵养率	2970.43%			102.66%	1.19%	4.79%	5.38%	7.29%	9.06%	18.41%	123.28%	153.54%

Tabla 4.4.3 Recarga Mensual de Agua Subterránea (Los Placeres)

		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2006年	降水量(mm)	19.70	3.00	4.60	13.20	241.40	129.00	124.70	67.40	137.70	171.40	80.40	4.20
	涵養量(mm)	1.80	0.63	0.22	0.08	31.34	8.03	2.20	0.75	0.26	12.53	3.33	1.03
	涵養率	9.14%	21.00%	4.79%	0.58%	12.98%	6.23%	1.77%	1.11%	0.19%	7.31%	4.14%	24.45%
2007年	降水量(mm)	0.50	1.70	0.00	4.30	200.10	113.60	85.70	393.00	218.60	314.40	113.90	29.20
	涵養量(mm)	0.36	0.13	0.04	0.02	15.92	4.17	1.24	102.22	86.51	114.24	51.37	13.04
	涵養率(mm)	71.89%	7.40%		0.36%	7.95%	3.67%	1.45%	26.01%	39.58%	36.34%	45.10%	44.65%
2008年	降水量(mm)	6.40	0.30	0.50	6.20	363.90	118.50	290.90	388.60	332.80	406.60	34.40	11.10
	涵養量(mm)	3.45	1.06	0.37	0.13	80.19	30.97	73.42	133.08	139.72	169.12	43.22	11.00
	涵養率(mm)	53.98%	352.87%	74.10%	2.09%	22.04%	26.13%	25.24%	34.25%	41.98%	41.59%	125.65%	99.11%
2009年	降水量(mm)	1.10	0.40	0.00	1.90	265.80	266.10	136.50	161.00	144.90	287.20	23.80	14.30
	涵養量(mm)	2.95	0.93	0.33	0.11	41.57	66.20	29.31	21.74	10.81	65.87	16.66	4.36
	涵養率(mm)	267.75%	232.83%		6.00%	15.64%	24.88%	21.47%	13.50%	7.46%	22.93%	70.01%	30.49%
2010年	降水量(mm)	1.50	0.10	0.00	35.20	231.30	324.00	321.10	539.50	398.30	110.60	49.80	3.60
	涵養量(mm)	1.29	0.45	0.16	0.06	29.85	86.67	111.06	205.12	200.67	72.52	18.32	4.78
	涵養率(mm)	85.67%	449.79%		0.16%	12.91%	26.75%	34.59%	38.02%	50.38%	65.57%	36.80%	132.67%
2011年	降水量(mm)	2.60	0.00	0.00	2.00	83.30	216.40	391.30	150.90	467.80	317.70	60.70	30.80
	涵養量(mm)	1.39	0.49	0.17	0.06	0.02	29.37	115.67	54.79	149.95	143.44	36.50	9.32
	涵養率(mm)	53.42%			2.98%	0.03%	13.57%	29.56%	36.31%	32.05%	45.15%	60.13%	30.26%
2012年	降水量(mm)	8.60	3.90	0.70	9.50	319.50	142.40	85.60	338.80	130.70	181.00	12.80	12.20
	涵養量(mm)	2.52	0.83	0.29	0.10	63.22	29.34	7.53	79.92	37.30	35.49	9.07	2.46
	涵養率(mm)	29.36%	21.19%	41.31%	1.07%	19.79%	20.60%	8.80%	23.59%	28.54%	19.61%	70.84%	20.18%
2013年	降水量(mm)	3.90	3.10	1.80	0.00	169.30	200.30	223.20	67.70	299.40	257.30	93.10	25.10
	涵養量(mm)	0.81	0.28	0.10	0.03	2.86	24.96	48.18	12.24	72.67	84.08	26.52	6.82
	涵養率(mm)	20.78%	9.15%	5.52%		1.69%	12.46%	21.58%	18.08%	24.27%	32.68%	28.48%	27.19%
2014年	降水量(mm)	12.30	3.40	0.00	0.00	59.30	119.50	46.70	158.40	315.80	389.70	26.30	5.00
	涵養量(mm)	1.90	0.67	0.23	0.08	0.03	0.01	0.00	3.94	75.68	140.80	35.39	9.04
	涵養率(mm)	15.46%	19.57%			0.05%	0.01%	0.01%	2.49%	23.96%	36.13%	134.58%	180.87%
2015年	降水量(mm)	0.40	0.00	0.10	53.60	78.30	308.40	53.80	74.90	159.70	227.50	120.60	1.20
	涵養量(mm)	2.46	0.81	0.28	0.10	0.03	61.36	15.53	4.08	8.70	38.42	15.18	3.99
	涵養率(mm)	613.97%		283.14%	0.18%	0.04%	19.90%	28.88%	5.45%	5.45%	16.89%	12.59%	332.46%
2016年	降水量(mm)	0.30	0.50	0.20	27.10	120.60	161.70	87.10	87.00	241.20	168.20	60.20	52.90
	涵養量(mm)	1.19	0.42	0.15	0.05	0.02	6.36	1.79	0.63	42.65	35.06	8.96	2.44
	涵養率(mm)	397.46%	83.47%	73.03%	0.19%	0.01%	3.94%	2.05%	0.72%	17.68%	20.84%	14.88%	4.60%
2017年	降水量(mm)	4.70	0.00	1.50	16.80	314.30	158.70	114.40	168.40	209.90	391.10	63.10	32.50
	涵養量(mm)	0.80	0.28	0.10	0.03	61.87	33.80	8.65	11.68	33.37	118.72	29.87	7.66
	涵養率(mm)	17.10%		6.56%	0.21%	19.68%	21.30%	7.56%	6.93%	15.90%	30.36%	47.35%	23.58%
2018年	降水量(mm)	2.90	15.60	0.20	69.80	274.70	104.20	76.70	125.80	252.00	382.40	11.50	10.90
	涵養量(mm)	2.11	0.72	0.25	0.09	49.40	12.55	3.33	1.03	48.37	126.37	31.79	8.14
	涵養率(mm)	72.79%	4.63%	126.48%	0.13%	17.99%	12.04%	4.34%	0.82%	19.19%	33.05%	276.41%	74.70%
2019年	降水量(mm)	0.40	0.00	0.00	2.50	129.90	207.40	118.20	52.30	284.50	315.40	25.40	11.50
	涵養量(mm)	2.23	0.75	0.26	0.09	0.03	21.97	5.69	1.62	57.82	102.70	25.87	6.66
	涵養率(mm)	557.62%	#DIV/0!	#DIV/0!	3.69%	0.02%	10.59%	4.81%	3.09%	20.32%	32.56%	101.85%	57.93%

Tabla 4.4.4 Recarga Mensual de Agua Subterránea (Hda El Panama)

		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2006年	降水量(mm)	8.10	0.20	2.70	0.10	40.20	138.20	136.40	74.60	130.90	105.00	44.20	2.70
	涵养量(mm)	1.93	0.77	0.31	0.12	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	涵养率	23.89%	386.96%	11.47%	123.83%	0.12%	0.01%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2007年	降水量(mm)	0.00	0.00	0.80	25.80	251.90	108.70	140.30	292.00	219.60	300.00	61.30	11.50
	涵养量(mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	30.28	7.86	2.96	52.55	57.24	89.33	19.67	5.73
	涵养率(mm)			0.00%	0.00%	12.02%	7.23%	2.11%	18.00%	26.07%	29.78%	32.08%	49.85%
2008年	降水量(mm)	2.00	0.70	2.40	3.40	226.10	126.30	276.80	125.70	213.00	455.60	7.20	0.30
	涵养量(mm)	2.29	0.92	0.37	0.15	21.62	6.12	47.91	16.89	32.96	134.23	28.65	7.53
	涵养率(mm)	114.67%	131.05%	15.29%	4.32%	9.56%	4.85%	17.31%	13.43%	15.48%	29.46%	397.87%	2509.77%
2009年	降水量(mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	91.30	171.10	106.60	75.30	107.40	163.20	63.40	17.80
	涵养量(mm)	2.86	1.14	0.46	0.18	0.07	6.26	2.48	0.99	0.40	6.46	2.54	1.02
	涵养率(mm)					0.08%	3.66%	2.32%	1.32%	0.37%	3.96%	4.00%	5.70%
2010年	降水量(mm)	0.00	0.00	0.00	103.70	293.20	229.70	253.40	331.70	379.30	103.90	80.90	0.20
	涵养量(mm)	0.41	0.16	0.06	0.03	47.57	53.91	62.05	99.10	131.01	41.20	10.04	3.61
	涵养率(mm)				0.03%	16.22%	23.47%	24.49%	29.88%	34.54%	39.66%	12.41%	1806.14%
2011年	降水量(mm)	3.60	0.00	0.20	0.00	200.90	177.50	341.00	70.90	372.90	340.10	43.20	19.40
	涵养量(mm)	1.44	0.58	0.23	0.09	11.95	17.30	78.13	17.43	88.01	117.42	25.28	6.86
	涵养率(mm)	40.14%		115.59%	#DIV/0!	5.95%	9.75%	22.91%	24.58%	23.60%	34.52%	58.53%	35.34%
2012年	降水量(mm)	3.00	1.90	0.00	35.40	349.20	133.50	108.90	169.20	125.70	193.20	2.50	3.50
	涵养量(mm)	2.66	1.06	0.43	0.17	66.56	26.25	7.05	8.58	3.17	20.24	5.85	2.34
	涵养率(mm)	88.57%	55.94%		0.48%	19.06%	19.66%	6.47%	5.07%	2.53%	10.48%	233.94%	66.84%
2013年	降水量(mm)	1.10	0.90	0.00	0.00	60.00	285.30	156.10	85.90	330.20	93.80	49.20	7.90
	涵养量(mm)	0.94	0.37	0.15	0.06	0.02	47.06	26.98	7.20	71.05	17.97	5.39	2.16
	涵养率(mm)	85.07%	41.59%			0.04%	16.50%	17.29%	8.38%	21.52%	19.16%	10.96%	27.31%
2014年	降水量(mm)	3.10	0.70	0.00	0.00	31.10	73.20	57.00	196.00	216.50	193.80	54.00	0.20
	涵养量(mm)	0.86	0.35	0.14	0.06	0.02	0.01	0.00	14.26	35.39	38.01	9.40	3.42
	涵养率(mm)	27.84%	49.31%			0.07%	0.01%	0.01%	7.27%	16.35%	19.61%	17.41%	1710.20%
2015年	降水量(mm)	0.30	0.10	0.60	53.40	59.40	335.30	35.30	46.20	128.90	105.80	48.50	0.00
	涵养量(mm)	1.37	0.55	0.22	0.09	0.04	62.58	14.32	4.66	1.87	0.75	0.30	0.12
	涵养率(mm)	456.05%	547.26%	36.48%	0.16%	0.06%	18.66%	40.56%	10.09%	1.45%	0.71%	0.62%	
2016年	降水量(mm)	0.00	0.00	0.50	22.20	123.80	237.80	34.70	77.40	159.60	275.10	41.50	13.50
	涵养量(mm)	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	30.56	7.91	2.97	5.87	51.63	12.13	4.23
	涵养率(mm)			1.53%	0.01%	0.00%	12.85%	22.80%	3.84%	3.68%	18.77%	29.22%	31.30%
2017年	降水量(mm)	1.40	0.00	0.30	10.90	292.80	136.40	148.90	172.80	156.10	303.60	66.00	19.80
	涵养量(mm)	1.69	0.68	0.27	0.11	46.23	19.65	7.01	10.38	10.41	64.81	14.76	4.75
	涵养率(mm)	120.72%		90.14%	0.99%	15.79%	14.40%	4.71%	6.01%	6.67%	21.35%	22.37%	24.00%
2018年	降水量(mm)	0.40	12.30	0.00	29.80	128.60	121.40	61.10	96.20	126.80	433.00	8.70	4.60
	涵养量(mm)	1.90	0.76	0.30	0.12	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	110.02	23.80	6.56
	涵养率(mm)	475.23%	6.18%		0.41%	0.04%	0.02%	0.01%	0.00%	0.00%	25.41%	273.60%	142.62%
2019年	降水量(mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	202.80	97.80	82.30	80.40	234.30	423.90	13.00	1.70
	涵养量(mm)	2.57	1.03	0.41	0.16	13.85	4.57	1.83	0.73	31.29	120.10	25.82	6.96
	涵养率(mm)					6.83%	4.67%	2.22%	0.91%	13.35%	28.33%	198.62%	409.65%

4.4.2 Estimación de la Recarga de Agua Subterránea por la Precipitación

De acuerdo con los resultados del análisis del modelo de tanque arriba mencionado, se estimó la recarga de agua subterránea de toda el área objeto del análisis del modelo mediante el siguiente método.

- ① Establecer como unidad básica el promedio de la recarga de agua subterránea mensual estimada por el análisis del modelo de tanque de los tres puntos (Tabla 4.4.5)
- ② Comparar la capa sedimentaria no consolidada del Holoceno donde se encuentran los tres puntos arriba mencionados con otras capas, tomando como base la relación de la recarga por geología superficial mostrada en los estudios anteriores (JICA (1993), Roger Martinez, Poveda (2005)).

- ③ Revisar los resultados de la comparación descrita en ②, en caso de que haya una diferencia de altura en el nivel del agua subterránea que no permita reproducir el nivel del agua subterránea actual por el análisis de simulación, que se describe más adelante (Tabla 4.4.6, Figura 4.4.8).

Tabla 4.4.5 Promedio de la Recarga de Agua Subterránea Estimada por el Análisis del Modelo de Tanque de los Tres Puntos

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2011	Monto de recarga de Agua Subterránea (m/día)	0.00019	0.00011	0.00006	0.00003	0.00016	0.00067	0.00271	0.00129	0.00367	0.00387	0.00137	0.00052
2012		0.00026	0.00014	0.00006	0.00003	0.00171	0.00093	0.00032	0.00142	0.00087	0.00100	0.00040	0.00019
2013		0.00010	0.00007	0.00003	0.00003	0.00006	0.00093	0.00110	0.00039	0.00203	0.00168	0.00080	0.00032
2014		0.00016	0.00011	0.00006	0.00003	0.00003	0.00000	0.00000	0.00023	0.00160	0.00274	0.00097	0.00039
2015		0.00019	0.00011	0.00006	0.00003	0.00003	0.00167	0.00048	0.00019	0.00023	0.00065	0.00040	0.00019
2016		0.00010	0.00007	0.00003	0.00003	0.00000	0.00043	0.00013	0.00006	0.00073	0.00123	0.00040	0.00016
2017		0.00010	0.00004	0.00003	0.00000	0.00145	0.00093	0.00042	0.00045	0.00080	0.00271	0.00100	0.00039
2018		0.00019	0.00011	0.00006	0.00003	0.00077	0.00033	0.00013	0.00006	0.00080	0.00326	0.00103	0.00039
2019		0.00019	0.00011	0.00003	0.00003	0.00016	0.00040	0.00016	0.00006	0.00127	0.00303	0.00093	0.00035

Tabla 4.4.6 División del Área por Tasa de Recarga de Agua Subterránea

	Tasa de recarga según los datos existentes	Relación cuando la capa sedimentaria no consolidada del final del cuaternario es 1	Corrección	Nota
Área fuera del cálculo	0%	0		
Cuerpo de agua	0%	0		
Capa sedimentaria no consolidada del final de cuaternario	20%	1		
Rocas volcánicas del Holoceno	40%	2		
Rocas volcánicas del Pleistoceno	25-15%	1.25		
Acuífero Las Sierras	15-10%	0.75		
Parte sur de Granada (Mombanncho volcano)			2.5	Referencia: Nivel del agua subterránea de Jesse Simson y Martha Espinoza Ruiz (2000)

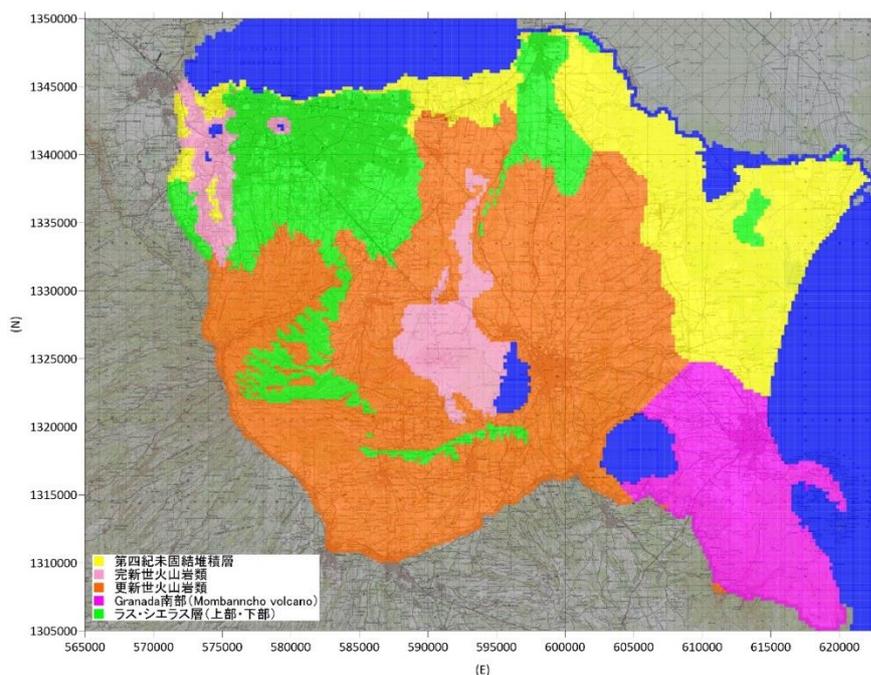


Figura 4.4.8 División del Área por Tasa de Recarga de Agua Subterránea

4.4.3 Estimación de la Recarga de Agua Subterránea por la Fuga de Agua

En la ciudad de Managua, se estima que el porcentaje de agua no facturada es de alrededor del 50% debido a la fuga de agua por el envejecimiento de las instalaciones de agua potable y la gestión inadecuada de la presión del agua. Además, en el "Proyecto de Fortalecimiento de la Capacidad de Gestión de Agua No Facturada de la Ciudad de Managua" se analiza que el 64.4% del volumen de agua no facturada en el área piloto se debe a la fuga de agua.

Como no era posible captar en detalle las tuberías con fuga de agua, se estimó la recarga de agua subterránea causada por la fuga de agua mediante la siguiente manera.

- ① En el presente modelo, se examina la cantidad de fuga de agua en el área donde están divididos macrosectores que se muestran en la Figura 4.4.9, y se ingresa dicha cantidad en el modelo como recarga.
- ② Sumar volumen mensual de bombeo de los pozos de ENAVAL para cada macrosector y establecer el 32.2% (= 50% x 64,4%) de dicha suma como cantidad de fuga de agua.
- ③ La cantidad mensual de fuga de agua para cada macrosector calculada en ② se distribuye uniformemente a todas las celdas del área, y se establece el valor dividido por superficie de una celda (250m x 250m) (unidad: m/día) como recarga de agua subterránea por la fuga de agua.
- ④ Se agrega la recarga de agua subterránea calculada en ③ a la recarga de agua subterránea por la precipitación examinada en el apartado 4.4.2 y se establece la suma como recarga de agua subterránea del presente modelo.

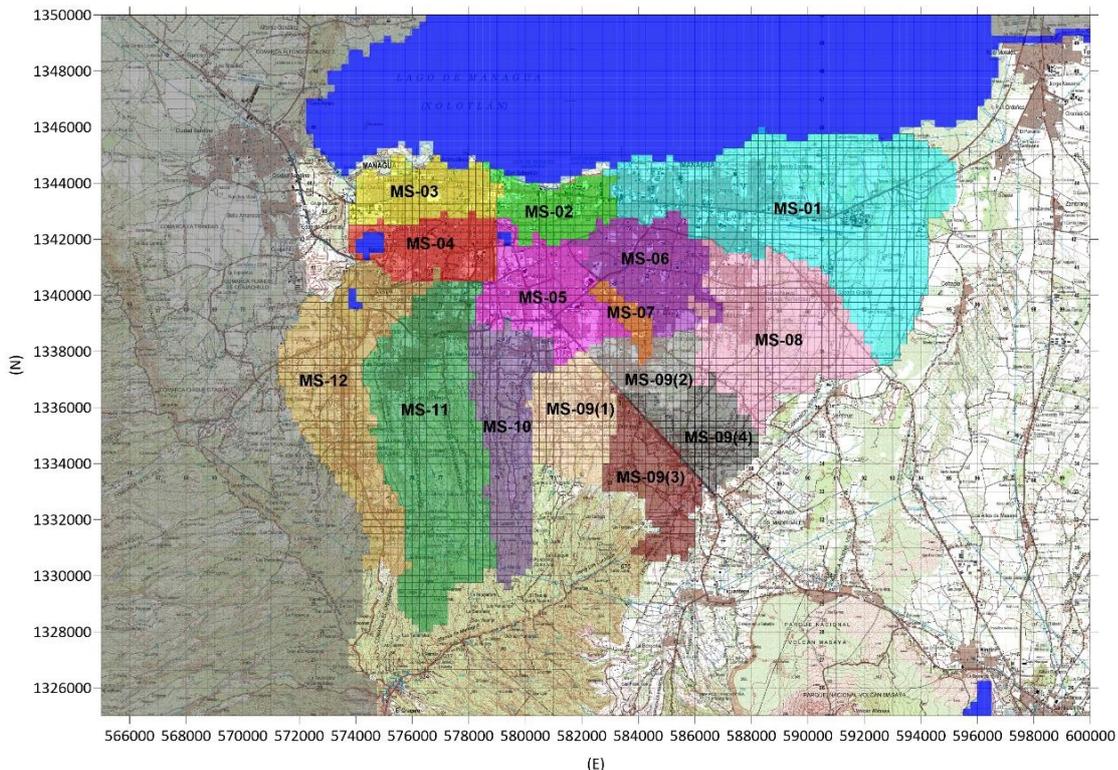


Figura 4.4.9 División de los Macrosectores de la Ciudad de Managua

En la siguiente tabla se muestra el valor medio anual de la recarga de acuífero por la fuga de agua para cada macrosector.

Tabla 4.4.7 Volumen de Recarga de Acuífero por la Fuga

(Unidad : m/day)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
MS-1	0.0006534	0.0006534	0.0006468	0.0006711	0.0006664	0.0006029	0.0006408	0.0006191	0.0005151	0.0005060	0.0004658
MS-2	0.0006864	0.0006864	0.0006863	0.0006863	0.0006710	0.0006605	0.0006602	0.0006314	0.0006198	0.0006189	0.0006553
MS-3	0.0010688	0.0010688	0.0011079	0.0011626	0.0011626	0.0009995	0.0009854	0.0010666	0.0009092	0.0008942	0.0006657
MS-4	0.0007926	0.0007926	0.0007734	0.0007465	0.0007617	0.0007256	0.0007570	0.0007602	0.0007151	0.0007110	0.0005002
MS-5	0.0012034	0.0012034	0.0012138	0.0012284	0.0012267	0.0010355	0.0011788	0.0010273	0.0008856	0.0008739	0.0007540
MS-6	0.0009709	0.0009709	0.0010051	0.0010530	0.0009914	0.0009984	0.0010125	0.0009768	0.0007151	0.0006918	0.0007988
MS-7	0.0017225	0.0017225	0.0017313	0.0017437	0.0016426	0.0016206	0.0016206	0.0015900	0.0015554	0.0015525	0.0012232
MS-8	0.0008518	0.0008518	0.0008817	0.0009237	0.0008805	0.0008295	0.0008884	0.0007789	0.0007516	0.0007502	0.0006156
MS-9(1)	0.0004462	0.0004462	0.0004604	0.0004803	0.0004805	0.0004986	0.0005003	0.0004781	0.0004762	0.0004762	0.0003933
MS-9(2)	0.0001838	0.0001838	0.0001834	0.0001827	0.0002496	0.0002246	0.0002222	0.0002675	0.0002704	0.0002704	0.0002790
MS-9(3)	0.0003957	0.0003957	0.0003959	0.0003961	0.0003915	0.0003662	0.0003121	0.0003905	0.0003257	0.0003192	0.0004356
MS-9(4)	0.0003896	0.0003896	0.0003896	0.0003896	0.0003896	0.0002758	0.0002641	0.0003041	0.0003091	0.0003091	0.0002472
MS-10	0.0001939	0.0001939	0.0001961	0.0001983	0.0002448	0.0002427	0.0002456	0.0002534	0.0002538	0.0002538	0.0002208
MS-11	0.0003054	0.0003054	0.0003076	0.0003107	0.0003180	0.0002751	0.0003445	0.0002853	0.0002827	0.0002825	0.0002237
MS-12	0.0002805	0.0002805	0.0002619	0.0002637	0.0002907	0.0002845	0.0002832	0.0002461	0.0002431	0.0002431	0.0002441

4.5 Estimación de la Capacidad de Bombeo de Agua Subterránea

(1) Estimación de la capacidad de bombeo de agua subterránea

En el área objeto de la construcción del presente modelo, los pozos de suministro de agua potable son gestionados por ENACAL y otros pozos son gestionados por ANA.

La capacidad de bombeo de los pozos gestionados por ENACAL y la de los pozos gestionados por ANA se estimaron mediante los siguientes métodos respectivamente.

- Pozos gestionados por ENACAL Estimar la capacidad de bombeo mensual de cada pozo a partir de los datos de pozos de 2010, 2013 (agosto-septiembre), 2015 (marzo, julio, agosto, septiembre), 2016, 2018 y 2020, la capacidad de bombeo en el momento de estudio de la capacidad específica y los datos de capacidad de bombeo compilados por ENACAL
- Pozos gestionados por ANA Estimar la capacidad de bombeo mensual de cada pozo a partir de los datos de la capacidad de bombeo permitida y la capacidad de bombeo de medición real de 2011 a 2020. En caso de que no haya datos de medición real, según los datos del informe de capacidad de bombeo, se estableció el 52.2% de la capacidad de bombeo permitida como capacidad de bombeo real.

Se estimó el volumen de bombeo de 2021 de la siguiente manera. Estos sirvieron de datos básicos del volumen de bombeo para la proyección y análisis de los que se hablarán más tarde⁵.

⁵ De acuerdo con los datos de ENACAL para el año 2021, existen numerosos pozos que dejaron de bombear el agua en comparación con los datos precedentes. Según ENACAL estos pozos no serán reabiertos sino que serán abandonados. Por lo tanto, se utilizaron como base los datos de hasta agosto de 2021 como base del volumen de bombeo para el análisis predictivo.

- Pozos gestionados por ENACAL: Para el período enero – agosto se utilizaron los datos de ENACAL, mientras que para el período septiembre – diciembre, se utilizó el volumen medio de bombeo entre enero y agosto.
- Pozos gestionados por ANA: Se asumió el mismo volumen de bombeo del año 2020

(2) Evaluación de la relevancia del método de estimación

Los datos de ENACAL sobre el volumen de bombeo desde 2010, están disponibles solo para los años 2016 y 2021 (enero-agosto). Para el resto del período, ha sido necesario estimar el volumen de bombeo diario a partir del volumen de bombeo registrado durante el estudio de la capacidad específica y a partir del tiempo estimado de bombeo. Por lo tanto, con respecto al volumen anual de bombeo de cada uno de los pozos en 2016, se compararon los "datos procesados por ENACAL" y el resultado de "volumen de bombeo registrado durante el estudio de la capacidad específica × tiempo estimado de bombeo" a fin de evaluar la relevancia del método de estimación del volumen de bombeo.

La expresión aproximada entre ambos asumiendo que la intersección en y (y-intercept) es 0, en la Figura 4.5.1,

“Volumen de bombeo registrado durante el estudio de la capacidad específica” × “tiempo estimado de bombeo” = 0.9811 × datos procesados por ENACAL

Como se puede ver, se considera que reproduce en gran medida. Los pozos que presentan una diferencia importante entre ambos valores son aquellos pozos que han sido suspendidos o reabiertos en 2016, presentando falta de datos para algunos meses.

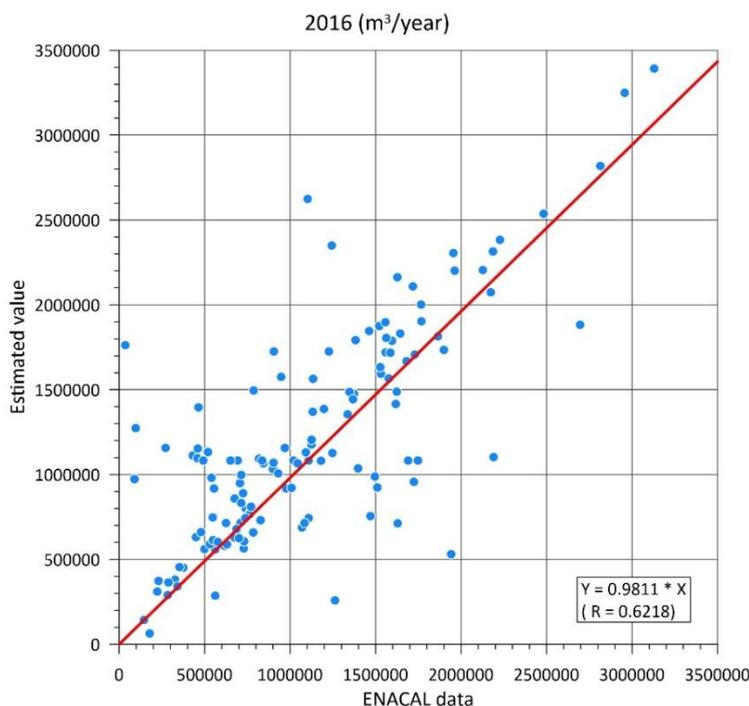


Figura 4.5.1 Comparación de los datos de ENACAL sobre el volumen de bombeo de la agua subterránea en 2016 y los valores estimados por el presente Estudio

En la Figura 4.5.2 se presenta la variación del volumen de bombeo de agua subterránea estimado en el presente Estudio aplicando el método antes descrito. Cabe recordar que el volumen de bombeo de diciembre de 2016 es superior comparado con otros meses, pero se decidió utilizar este dato tal como está, puesto que no se detectaron valores anormales de los pozos ni en los datos de ENACAL ni en los de ANA.

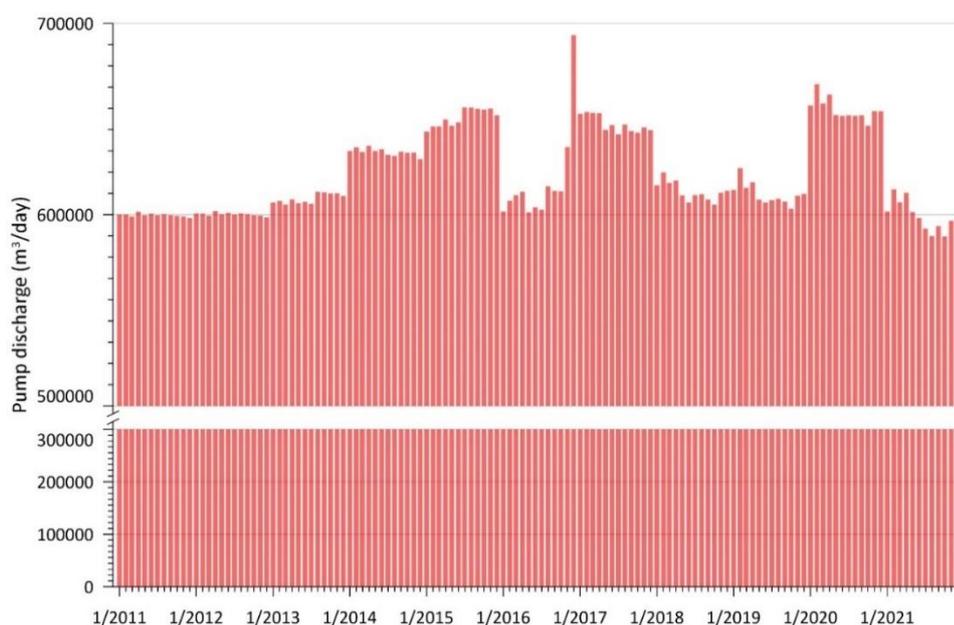


Figura 4.5.2 Resultados del Cálculo del Volumen Mensual de Bombeo (tercer acuífero)

4.6 Resultados de la Simulación de Agua Subterránea

4.6.1 Análisis del Estado Actual

(1) Período de análisis del estado actual

Considerando la situación de recolección de los datos necesarios para el análisis indicada en la siguiente tabla se estableció que el período del análisis de estado actual era de enero de 2011 a diciembre de 2019.

Tabla 4.6.1 Situación de recolección de los datos necesarios para el análisis del estado actual

Datos meteorológicos (precipitación y temperatura)	INDE (estadísticas anuales)	Contienen datos mensuales de entre 2005 y 2019 de los tres observatorios
	INETER	Se recibieron los datos de entre 1963 y 2020, pero el período de monitoreo varía según los observatorios, y se disponen pocos datos de la segunda mitad de los años 2010.
Datos del volumen de bombeo	ENACAL (Datos del cálculo de rendimiento específico)	Se recibieron los datos a partir de 1995, pero son datos dispersos tomados de manera irregular.
	ENACAL (Datos de recuento del volumen de bombeo)	Datos de recuento de los años 2003, 2016 y 2021 (enero – agosto)
	ANA	Volumen de bombeo permitido y volumen de bombeo real entre 2011 y 2020 (sin embargo, los datos son completos solo para el volumen anual de bombeo permitido).
Datos de monitoreo continuo del nivel freático	ENACAL	El período de monitoreo relativamente continuo es entre agosto de 2014 u mayo de 2017.

(2) Calibración

En la Figura 4.6.1 se muestran los puntos de observación del nivel del agua subterránea utilizados en la calibración. Asimismo, los resultados de la calibración se muestran en Figura 4.6.2.

Respecto a la ubicación y la altitud de cada pozo, en algunos pozos hay una gran diferencia entre la altitud según los datos de ENACAL y la altitud calculada a partir de los datos ASTER, por lo cual se describieron los datos de medición real junto con los niveles del agua subterránea de acuerdo con ambos datos. Además, se estima que el punto de observación KM 13.5C. SUR está afectado más fuertemente que la realidad por la capacidad de bombeo debido a las características del centro de bloques del método de diferencias finitas, por lo cual la posición está desplazada ligeramente hacia el noreste.

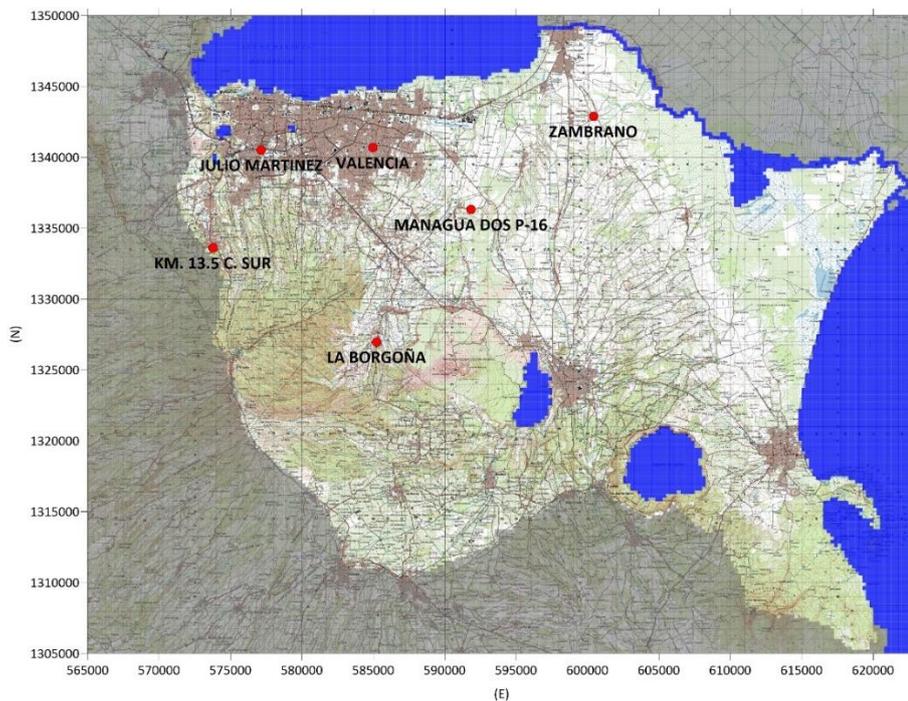
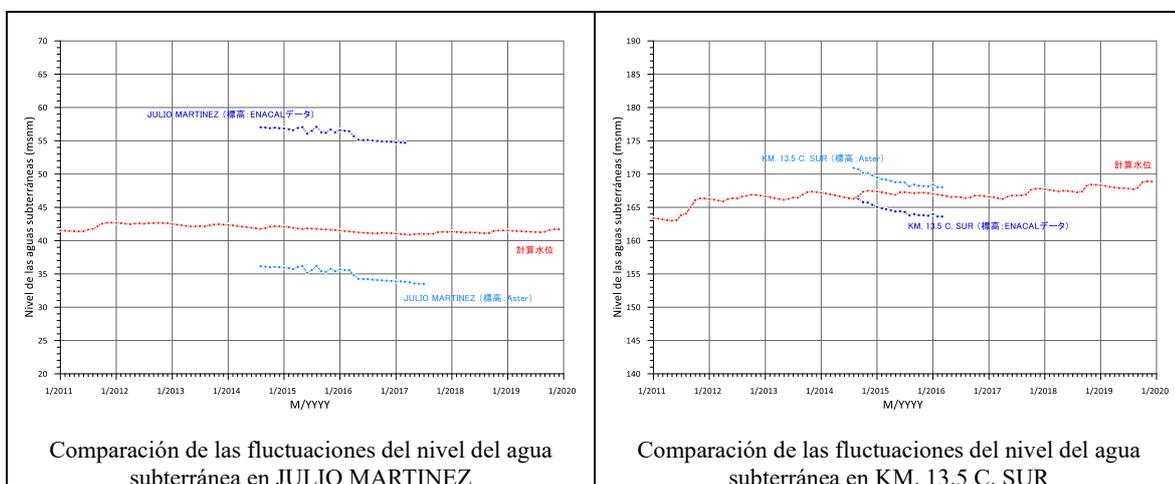


Figura 4.6.1 Puntos de Observación del Nivel de Agua Subterránea Utilizados para la Calibración



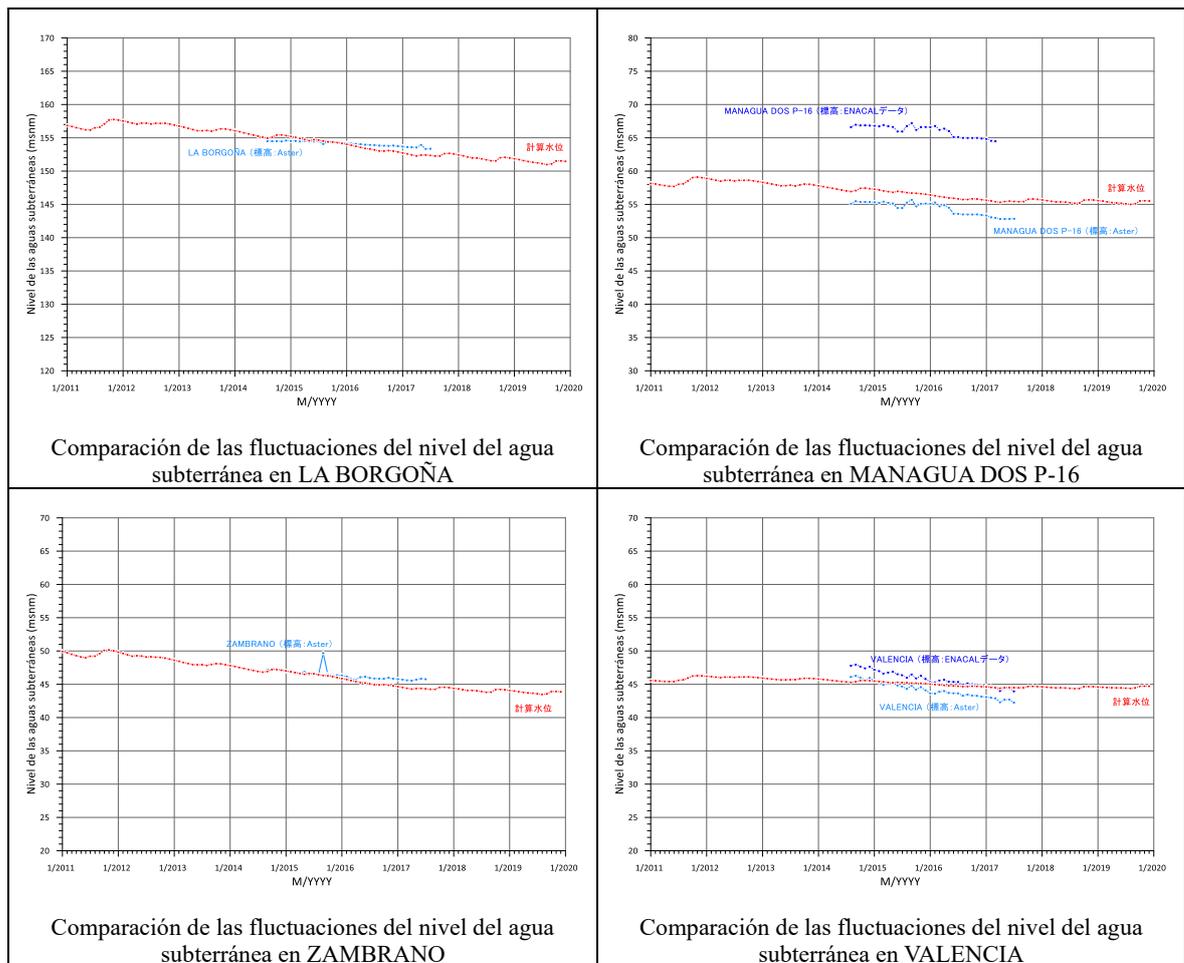


Figura 4.6.2 Resultados de la Calibración

En la Figura 4.6.3 se muestran la distribución del nivel freático de diciembre de 2019 que corresponde al último período del cálculo de calibración, así como la dirección de flujo de agua subterránea. Esta distribución del nivel freático será utilizada como el nivel freático inicial en el análisis predictivo que se hablará en la siguiente sección.

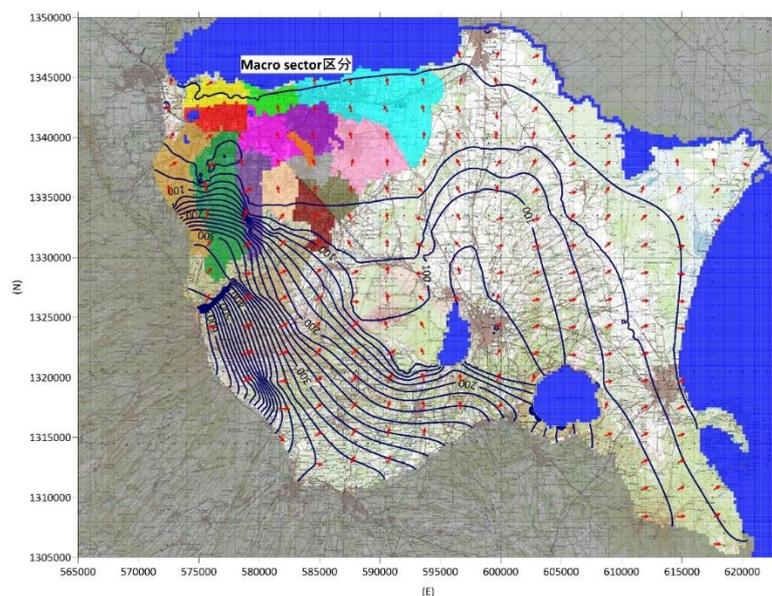


Figura 4.6.3 Reproducción del Nivel del Agua Subterránea de Diciembre de 2019

(3) Balance de agua subterránea

En la Figura 4.6.4 y Figura 4.6.6 se presentan tres tipos de balance de agua subterránea calculado para el período de análisis (de enero de 2011 a diciembre de 2019)

- La totalidad del área de análisis (cálculo) (todos los acuíferos)
- Acuíferos las Sierras del PHRH (todos los acuíferos)
- Acuíferos las Sierras del PHRH (tercer acuífero)

Además, los elementos relacionados con el balance de aguas subterráneas que se muestran en la leyenda de la siguiente figura son los siguientes.

- Recharge : Recarga de aguas subterráneas (IN)
- Well (Pump discharge) : Volumen de bombeo de agua subterránea (OUT)
- Constant Head : Entrada desde la celda de altura fija (IN) o salida a la celda de altura fija (OUT). Este modelo muestra la entrada y salida de agua subterránea entre el lago/sistema de agua (ver Tabla 4.3.6) establecido en la celda de cabeza fija y su celda adyacente.
- Head dep Bounds : flujo de entrada desde fuera del rango de análisis (IN) o flujo de salida desde fuera del rango de análisis (OUT). Este modelo muestra el flujo de entrada y salida de agua subterránea entre el conjunto de celdas en el límite de altura general (ver Figura 4.3.13) y el rango de análisis.
- Horiz. Exchange : Entrada de celdas adyacentes (IN) o salida a celdas adyacentes (OUT) en el mismo acuífero. El siguiente gráfico muestra la entrada y salida horizontal de agua subterránea entre el acuífero Las Sierras y sus alrededores.
- Exchange Upper : Entrada desde el acuífero superior (IN) o salida al acuífero superior (OUT)
- Exchange Lower : Entrada desde el acuífero inferior (IN) o salida al acuífero inferior (OUT)
- Storage : cantidad aumentada (OUT) o cantidad disminuida (IN) de la cantidad de almacenamiento dentro de la celda

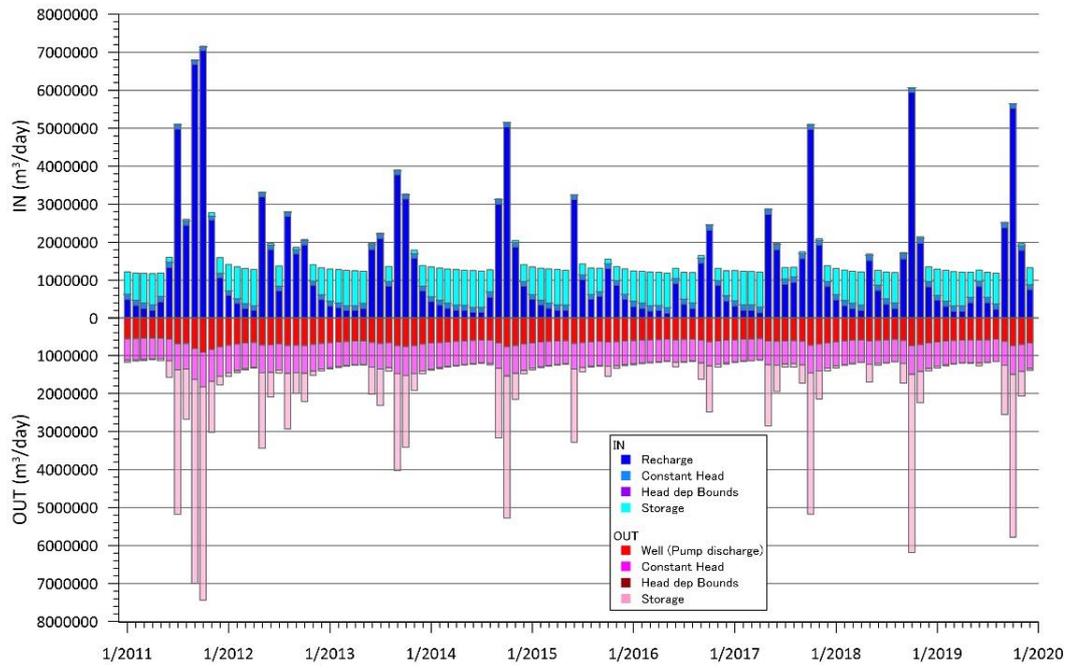


Figura 4.6.4 Balance de agua subterránea en la totalidad del área de análisis (cálculo) (enero de 2011- diciembre de 2019)

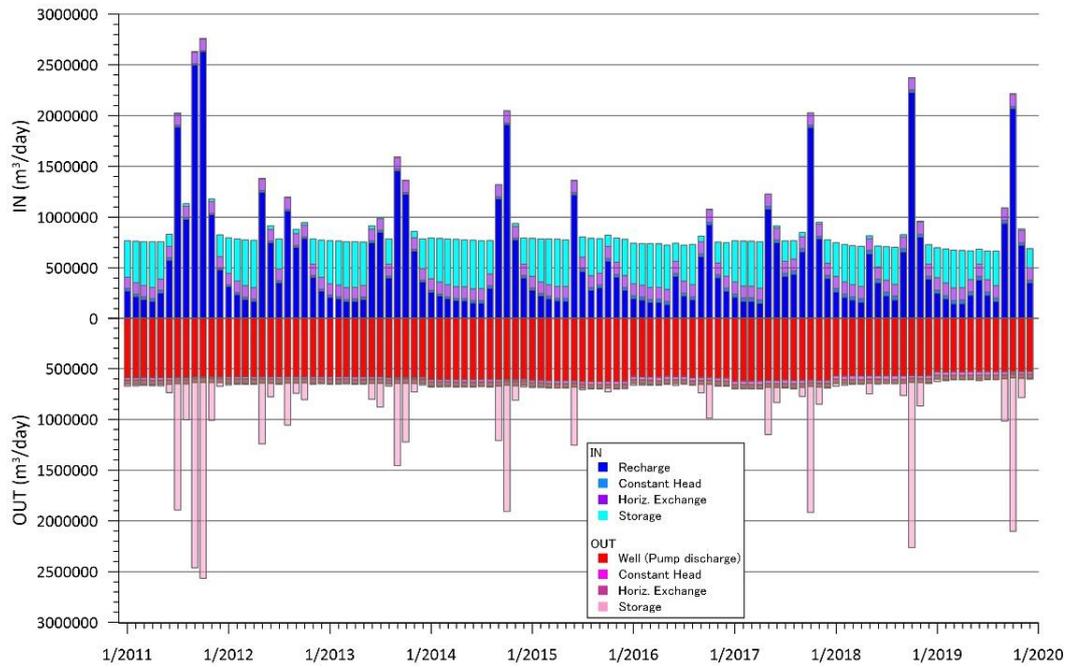


Figura 4.6.5 Balance de agua subterránea en el área de acuíferos las Sierras del PNRH (todos los acuíferos) (Enero de 2011 - diciembre de 2019)

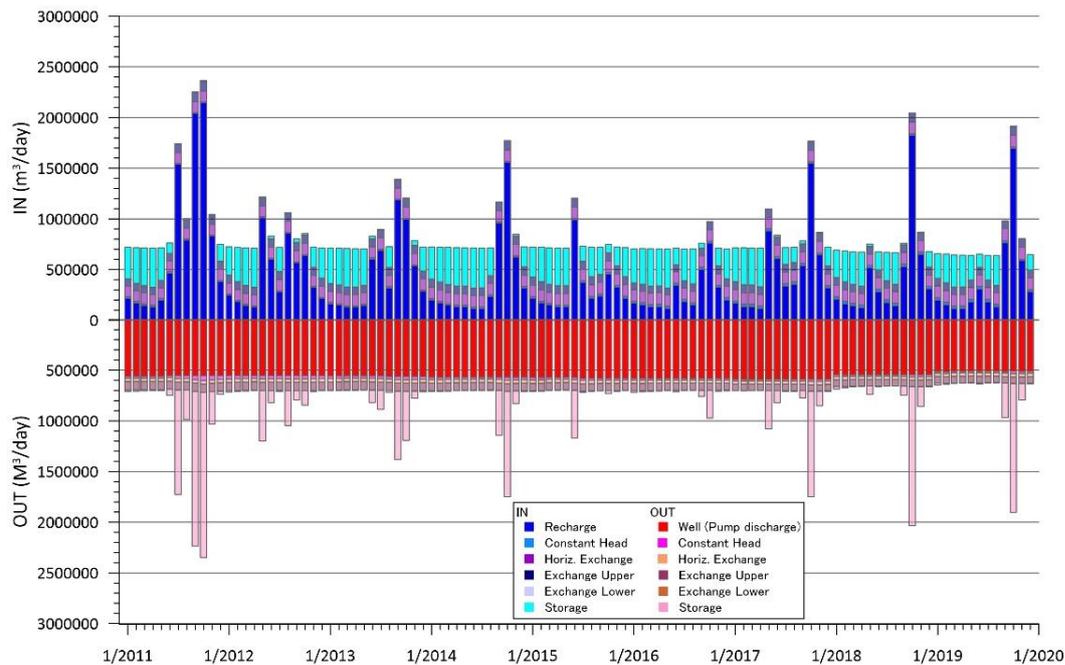


Figura 4.6.6 Balance de agua subterránea en acuíferos las Sierras del PNRH (Tercer acuífero) (Enero de 2011 - diciembre de 2019)

La figura anterior muestra el balance mensual de aguas subterráneas, que es la unidad de cálculo. En la estación seca, se bombea más agua que la cantidad de recarga, y se puede ver que el equilibrio de ingresos y gastos se mantiene por el cambio en la cantidad de almacenamiento de cada celda. El balance anual de agua subterránea se muestra en las Tabla 4.6.2 a Tabla 4.6.4.

En los tres tipos de cálculos de balance anual de aguas subterráneas, la diferencia en el flujo de salida del flujo de entrada en todo el rango es como máximo el 0,25% del flujo de entrada, lo que indica que el cálculo del modelo se realiza correctamente. El flujo de entrada desde fuera del rango de análisis (oeste y sur del rango de análisis) es aproximadamente el 0,1 % del flujo de entrada de todo el rango de análisis, pero el flujo de entrada supera con creces el flujo de salida. Muestra que cuando el nivel del agua fuera del rango de análisis (lado oeste y lado sur) ubicado en el lado aguas arriba del flujo de agua subterránea disminuye, el nivel del agua en el rango de análisis también disminuye.

En la comparación de la cantidad de recarga y la cantidad de agua bombeada, el balance es positivo en todo el rango de análisis. Sin embargo, hay una diferencia de más de 50 veces en el balance hídrico entre 2011, que es el año de la abundancia, y 2016, que es el año de la sequía, y en 2016 se bombeó alrededor del 95% de la cantidad de recarga. En el acuífero Las Sierras del PNRH, el balance de recarga y bombeo es negativo excepto en 2011, y la magnitud de los aportes desde fuera de esta zona tiene una gran influencia en el nivel freático de esta zona.

Tabla 4.6.2 Balance Anual de agua subterránea en la totalidad del área de análisis

(Unidad : mil m³/año)

año	Toda la zona (IN)	Toda la zona (OUT)	Toda la zona (Balance)	Zona exterior (IN)	Zona exterior (OUT)	Zona exterior (Balance)	Recarga (IN)	Bombeo (OUT)	Recarga - bombeo (Balance)
2011	1,026,356	1,023,917	2,439	736	45	691	852,994	220,223	632,771
2012	657,473	656,855	578	721	50	670	455,922	219,544	236,379
2013	676,953	676,365	588	720	51	669	465,069	221,896	243,173
2014	671,794	670,883	911	720	52	668	400,596	230,767	169,829
2015	548,491	548,135	355	720	52	668	286,483	237,515	48,968
2016	503,438	503,210	228	731	50	681	236,186	224,118	12,068
2017	695,770	694,949	821	731	50	682	508,619	236,283	272,236
2018	662,607	661,509	1,098	728	51	677	443,798	223,360	220,438
2019	650,723	649,669	1,054	726	51	674	413,255	220,123	193,132

* La región exterior muestra la relación de flujo de entrada/salida con el conjunto de celdas en el límite de cabeza general.

Tabla 4.6.3 Balance Anual de agua subterránea en el área de acuíferos las Sierras del PNRH (todos los acuíferos)

(Unidad : mil m³/año)

año	Toda la zona (IN)	Toda la zona (OUT)	Toda la zona (Balance)	Zona exterior (IN)	Zona exterior (OUT)	Zona exterior (Balance)	Recarga (IN)	Bombeo (OUT)	Recarga - bombeo (Balance)
2011	463,167	462,901	266	40,742	15,842	24,901	342,001	214,086	127,915
2012	329,674	329,615	59	42,029	16,025	26,004	199,285	213,232	-13,946
2013	338,046	337,982	63	41,996	15,767	26,229	202,729	213,730	-11,001
2014	345,345	345,255	90	42,116	15,833	26,333	180,458	221,725	-41,267
2015	306,077	306,035	43	42,721	15,398	27,323	139,344	227,611	-88,267
2016	283,105	283,075	30	42,912	15,007	27,905	118,703	214,084	-95,381
2017	345,590	345,497	93	42,973	14,892	28,080	217,763	225,785	-8,021
2018	327,727	327,610	118	43,353	14,712	28,642	192,864	208,783	-15,919
2019	313,868	313,793	76	44,666	14,958	29,708	178,289	194,092	-15,803

* La región exterior muestra la relación de flujo de entrada/salida con el conjunto de celdas en el límite de cabeza general.

Tabla 4.6.4 Balance Anual de Agua Subterránea en Acuíferos las Sierras del PNRH (Tercer acuífero)

(Unidad : mil m³/año)

año	Toda la zona (IN)	Toda la zona (OUT)	Toda la zona (Balance)	Zona exterior (IN)	Zona exterior (OUT)	Zona exterior (Balance)	Recarga (IN)	Bombeo (OUT)	Recarga - bombeo (Balance)
2011	414,908	414,794	113	38,759	12,207	26,552	342,001	211,286	130,715
2012	302,537	302,512	25	40,063	12,321	27,742	199,285	210,424	-11,138
2013	310,489	310,456	33	40,123	12,129	27,983	202,729	210,930	-8,201
2014	317,548	317,502	46	40,361	12,262	28,099	180,458	218,925	-38,467
2015	286,484	286,487	-4	40,976	11,887	29,088	139,344	224,811	-85,466
2016	267,136	267,182	-46	41,242	11,586	29,655	118,703	211,276	-92,573
2017	318,874	318,841	34	41,355	11,551	29,805	217,763	222,984	-5,221
2018	302,783	302,722	61	41,771	11,402	30,369	192,864	205,975	-13,111
2019	292,172	292,137	35	42,297	12,138	30,159	178,289	194,085	-15,796

* La región exterior muestra la relación de flujo de entrada/salida con el conjunto de celdas en el límite de cabeza general. Además, la cantidad de recarga no indica la cantidad de recarga directa al tercer acuífero, sino la cantidad de recarga a todas las capas.

(4) Parámetros hidrogeológicos

En la Tabla 4.6.5 se presentan los parámetros hidrogeológicos del tercer acuífero determinados con base en los resultados del cálculo de la situación actual.

Tabla 4.6.5 Recopilación de datos necesarios para el análisis de la situación actual

Parámetros hidrogeológicos	Valores
Coefficiente de permeabilidad horizontal (HHC)	Véase la Figura 4.6.7
Coefficiente de permeabilidad vertical (VHC)	1/5 de HHC
Cantidad de almacenamiento específico (Ss)	0.000001 — 0.0005 (m/día)

Parámetros hidrogeológicos	Valores
Porosidad efectiva (Ep) y rendimiento específico (Sy)	0.2 – 0.25
Carga general especificada y coeficiente de conducción (Cb)	0.1 (m/día)

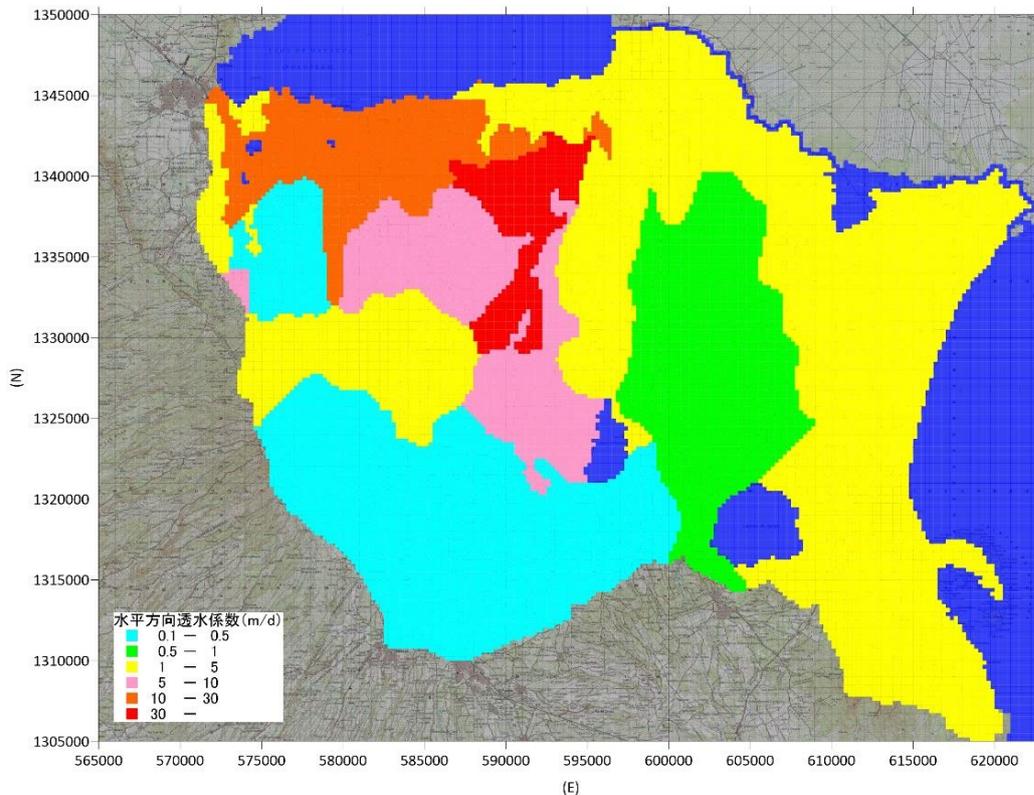


Figura 4.6.7 Distribución de coeficientes de permeabilidad horizontal determinados mediante el cálculo de la situación actual (tercer acuífero)

4.6.2 Análisis de Previsión

(1) Escenario de análisis de previsión

(a) Período del cálculo de la previsión

Será de 21 años desde enero de 2020 hasta diciembre de 2040 después de la finalización del análisis del estado actual.

(b) Condiciones de recarga de agua subterránea

Se establecen las cinco condiciones descritas en la siguiente tabla.

Tabla 4.6.6 Condiciones de Recarga de Agua Subterránea

	Recarga de agua subterránea por la precipitación	Recarga de agua subterránea por la fuga de agua
Caso R1	Repetir el promedio mensual de la recarga de agua subterránea del período de enero de 2011 a diciembre de 2019 para el período de enero de 2020 a diciembre de 2040.	La cantidad de fuga corresponderá a la condición de bombeo de agua subterránea del Caso W1. El porcentaje de la fuga respecto a la capacidad de bombeo de agua subterránea será del 32,2%, que es el mismo que el del cálculo de estado actual.
Caso R2	Repetir el promedio mensual de la recarga de agua subterránea de la misma manera que el Caso R1, pero suponiendo sequías en 2025 y 2035, aplicar para estos dos años los datos de 2016, cuando la recarga anual era la más pequeña entre 2011 y 2019.	Mismo que el Caso R1
Caso R3	Mismo que el Caso R1	El porcentaje de fuga respecto a la capacidad de bombeo de agua subterránea entre 2022 y 2030 será el 75% del estado actual, y el porcentaje entre 2031 y 2040, será el 50% del estado actual. La tasa de disminución para cada período será la misma.
Caso R4	Mismo que el Caso R1	La cantidad de fuga corresponderá a la condición de bombeo de agua subterránea del Caso W2. El porcentaje de la fuga respecto a la capacidad de bombeo de agua subterránea será del 32,2%, que es el mismo que el del cálculo de estado actual.
Caso R5	Mismo que el Caso R1	La cantidad de fuga corresponderá a la condición de bombeo de agua subterránea del Caso W3. El porcentaje de la fuga respecto a la capacidad de bombeo de agua subterránea será del 32,2%, que es el mismo que el del cálculo de estado actual.

(c) Condiciones de bombeo de agua subterránea

Se establecen las tres condiciones descritas en la siguiente tabla.

Tabla 4.6.7 Condiciones de Bombeo de Agua Subterránea

	Capacidad de bombeo de agua subterránea
Caso W1	Para 2020 se aplica la capacidad de bombeo de agua subterránea mensual estimada, y a partir de 2021, se repetirá la capacidad de bombeo de agua subterránea mensual de 2021 desde enero de 2021 hasta diciembre de 2040.
Caso W2	Para 2020 y 2021 se aplica la capacidad de bombeo de agua subterránea de la misma manera que en el Caso W1, pero la capacidad en 2030 y la capacidad en 2040 serán un 10% y 20% más que en 2021 respectivamente. La tasa de aumento para cada período será la misma.
Caso W3	Para 2020 y 2021 se aplica la capacidad de bombeo de agua subterránea de la misma manera que en el Caso W1, pero la capacidad en 2030 y la capacidad en 2040 serán un 10% y 20% menos que en 2021 respectivamente. La tasa de disminución para cada período será la misma.

(d) Escenario de análisis de previsión

Se establecen cinco escenarios que combinan las condiciones de recarga de agua subterránea y de bombeo de agua subterránea arriba mencionadas.

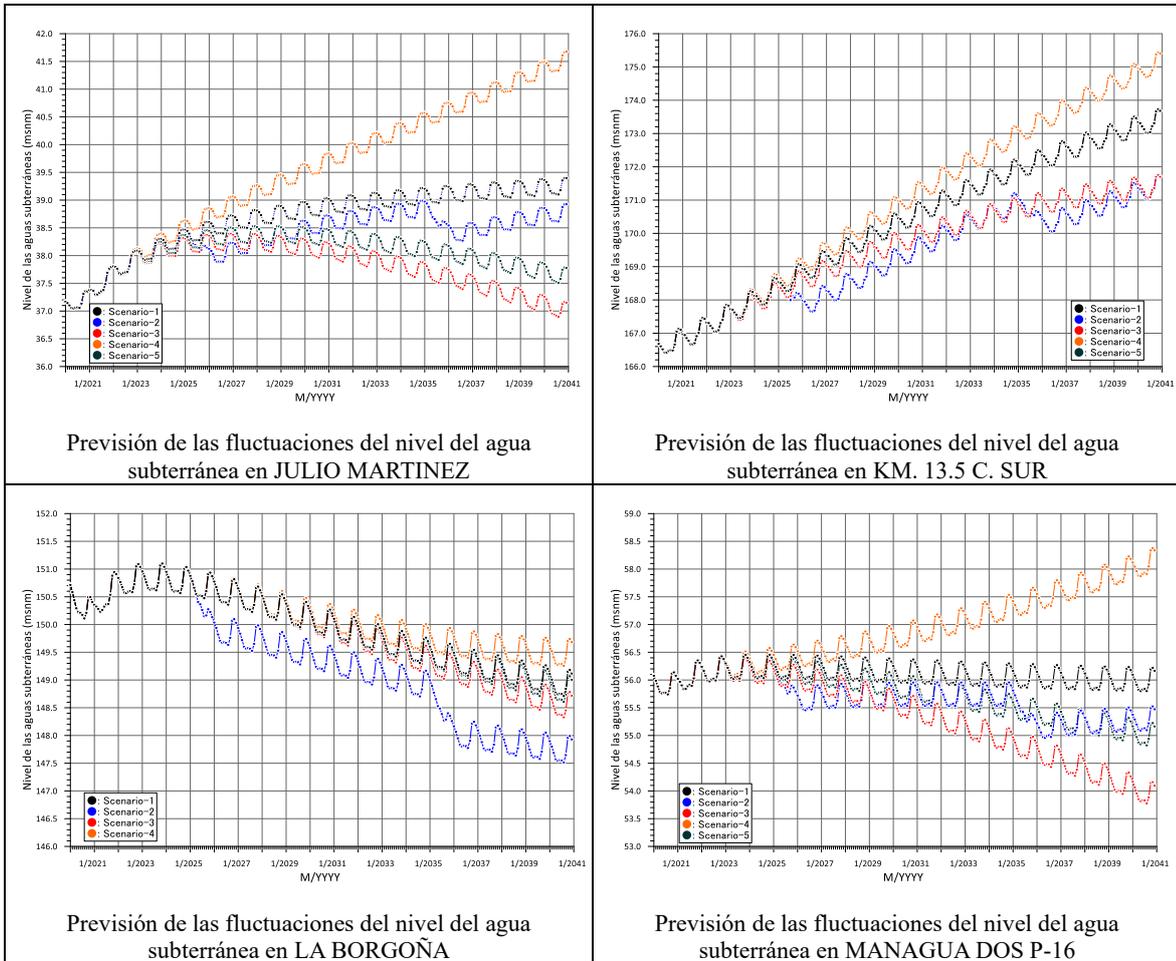
Tabla 4.6.8 Escenarios de Análisis de Previsión

Escenario	Recarga de agua subterránea	Capacidad de bombeo de agua subterránea	Nota
Escenario 1	Caso R1	Caso W1	Con una recarga media, continúa la capacidad de bombeo actual.
Escenario 2	Caso R2	Caso W1	La sequía ocurre aprox. una vez cada 10 años y continúa la capacidad de bombeo actual.
Escenario 3	Caso R3	Caso W1	Con una recarga media, continúa la capacidad de bombeo actual. Avanzan las medidas contra la fuga de agua.
Escenario 4	Caso R4	Caso W2	Con condiciones meteorológicas medias, aumenta la capacidad de bombeo.
Escenario 5	Caso R5	Caso W3	Con condiciones meteorológicas medias, disminuye la capacidad de bombeo.

(2) Resultados del análisis de previsión

(a) Fluctuaciones del nivel del agua subterránea en los puntos de calibración

A continuación, se muestra la previsión de las fluctuaciones del nivel del agua subterránea para los cinco escenarios anteriores en los seis puntos utilizados para la calibración.



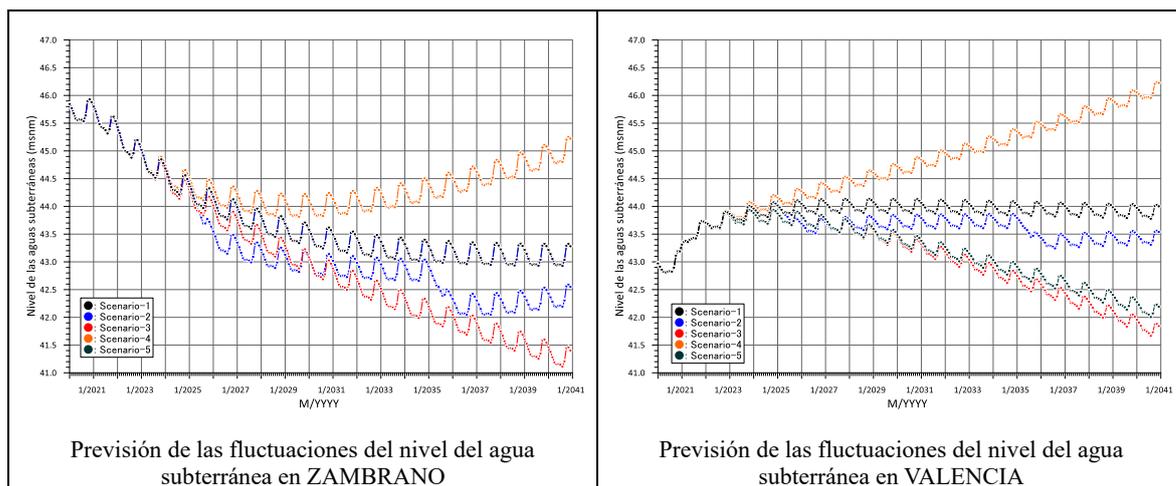


Figura 4.6.8 Previsión de las fluctuaciones del nivel del agua subterránea en los puntos de calibración

Asimismo, en la Tabla 4.6.9 se presenta la comparación del nivel freático en diciembre de 2019 en los seis puntos mencionados y en la Tabla 4.6.10 se presenta la comparación del nivel freático entre el Escenario 1 y los escenarios 2 a 5.

Tabla 4.6.9 Proyección de la diferencia del nivel freático en los puntos de calibración comparada con diciembre de 2019

Pozo	2019 dic	Diciembre, 2030					Diciembre, 2040				
		Scenario-1	Scenario-2	Scenario-3	Scenario-4	Scenario-5	Scenario-1	Scenario-2	Scenario-3	Scenario-4	Scenario-5
Julio Martines	37.18	39.03	38.72	38.48	38.24	39.84	39.40	38.93	37.78	37.15	41.68
	—	1.85	1.54	1.30	1.06	2.66	2.22	1.75	0.60	-0.03	4.50
KM. 13.5 C. Sur	166.74	170.92	169.85	170.33	170.22	171.52	173.68	171.72	171.48	171.70	175.41
	—	4.18	3.11	3.59	3.48	4.78	6.94	4.98	4.74	4.96	8.67
La Borgoña	150.84	150.20	149.55	150.21	150.15	150.31	149.12	147.93	149.00	148.72	149.68
	—	-0.64	-1.29	-0.63	-0.69	-0.53	-1.72	-2.91	-1.84	-2.12	-1.16
Managua Dos P-16	56.15	56.32	55.90	56.01	55.65	57.03	56.17	55.47	55.16	54.09	58.34
	—	0.16	-0.26	-0.15	-0.51	0.87	0.01	-0.69	-1.00	-2.07	2.18
Zambrano	45.92	43.57	43.09	43.57	42.97	44.40	43.28	42.55	43.25	41.40	45.22
	—	-2.35	-2.83	-2.35	-2.95	-1.52	-2.64	-3.37	-2.67	-4.52	-0.70
Valencia	43.04	44.1	43.83	43.43	43.37	44.87	44.00	43.54	42.19	41.84	46.60
	—	1.06	0.79	0.39	0.33	1.83	0.96	0.50	-0.85	-1.20	3.56

Fila superior: Nivel freático (msnm)

Fila inferior : Diferencia de nivel de agua subterránea desde diciembre de 2019 (m)

Tabla 4.6.10 Proyección de la diferencia del nivel freático con el Escenario 1

Pozo	Diciembre, 2030				Diciembre, 2040			
	Scenario-2	Scenario-3	Scenario-4	Scenario-5	Scenario-2	Scenario-3	Scenario-4	Scenario-5
Julio Martines	-0.31	-0.55	-0.79	0.81	-0.47	-1.62	-2.25	2.28
KM. 13.5 C. Sur	-1.07	-0.59	-0.70	0.60	-1.96	-2.20	-1.98	1.73
La Borgoña	-0.65	0.01	-0.05	0.11	-1.19	-0.12	-0.40	0.56
Managua Dos P-16	-0.42	-0.31	-0.67	0.71	-0.70	-1.01	-2.08	2.17
Zambrano	-0.48	0.00	-0.60	0.83	-0.73	-0.03	-1.88	1.94
Valencia	-0.27	-0.67	-0.73	0.77	-0.46	-1.81	-2.16	2.60

(Unidad: m)

(b) Fluctuaciones del nivel del agua subterránea en los principales sitios de proyectos anteriores de JICA

La Figura 4.6.9 y las Tabla 4.6.11 a Tabla 4.6.12 muestran los resultados del pronóstico de cambios en los niveles de agua subterránea cerca de "Managua I" y "Managua II", que son los principales puntos de implementación del proyecto JICA.

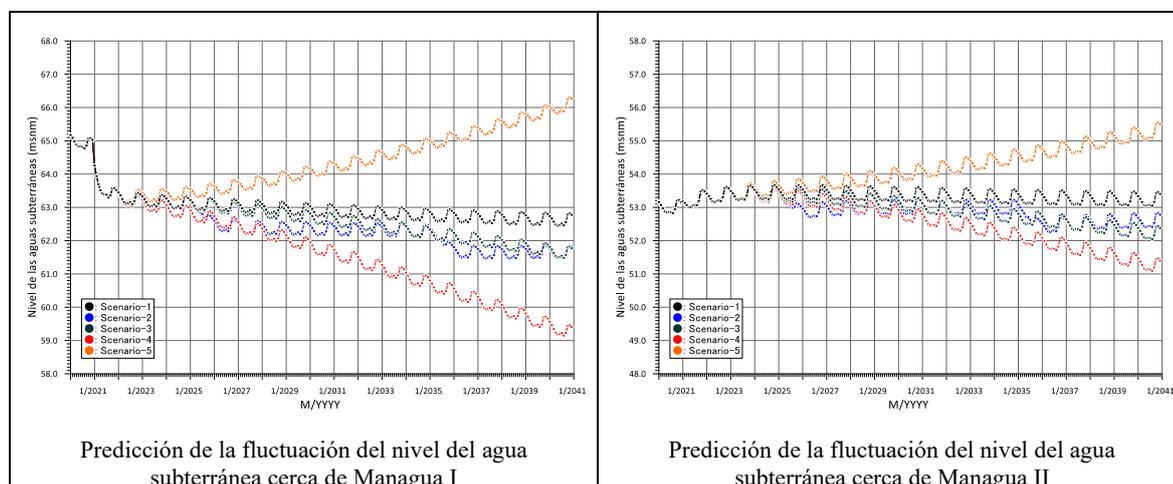


Figura 4.6.9 Fluctuaciones del nivel del agua subterránea en los principales sitios de proyectos anteriores de JICA

Tabla 4.6.11 Proyección de la diferencia del nivel freático en los puntos de JICA Proyectos comparada con diciembre de 2019

Pozo	2019 Dic.	Diciembre, 2030					Diciembre, 2040				
		Scenario-1	Scenario-2	Scenario-3	Scenario-4	Scenario-5	Scenario-1	Scenario-2	Scenario-3	Scenario-4	Scenario-5
Managua I	65.25	63.06	62.50	62.79	61.83	64.35	62.78	61.84	61.78	59.40	66.27
	—	-2.19	-2.75	-2.46	-3.42	-0.90	-2.47	-3.42	-3.48	-5.85	1.02
Managua II	53.24	53.55	53.17	53.22	52.89	54.24	53.41	52.78	52.38	51.40	55.50
	—	0.30	-0.07	-0.03	-0.36	1.00	0.16	-0.46	-0.86	-1.84	2.26

Fila superior: Nivel freático (msnm)

Fila inferior : Diferencia de nivel de agua subterránea desde diciembre de 2019 (m)

Tabla 4.6.12 Proyección de la diferencia del nivel freático con el Escenario 1

Pozo	Diciembre, 2030				Diciembre, 2040			
	Scenario-2	Scenario-3	Scenario-4	Scenario-5	Scenario-2	Scenario-3	Scenario-4	Scenario-5
Managua I	-0.56	-0.27	-1.23	1.29	-0.94	-1.00	-3.38	3.49
Managua II	-0.37	-0.33	-0.66	0.70	-0.63	-1.03	-2.01	2.09

(Unidad: m)

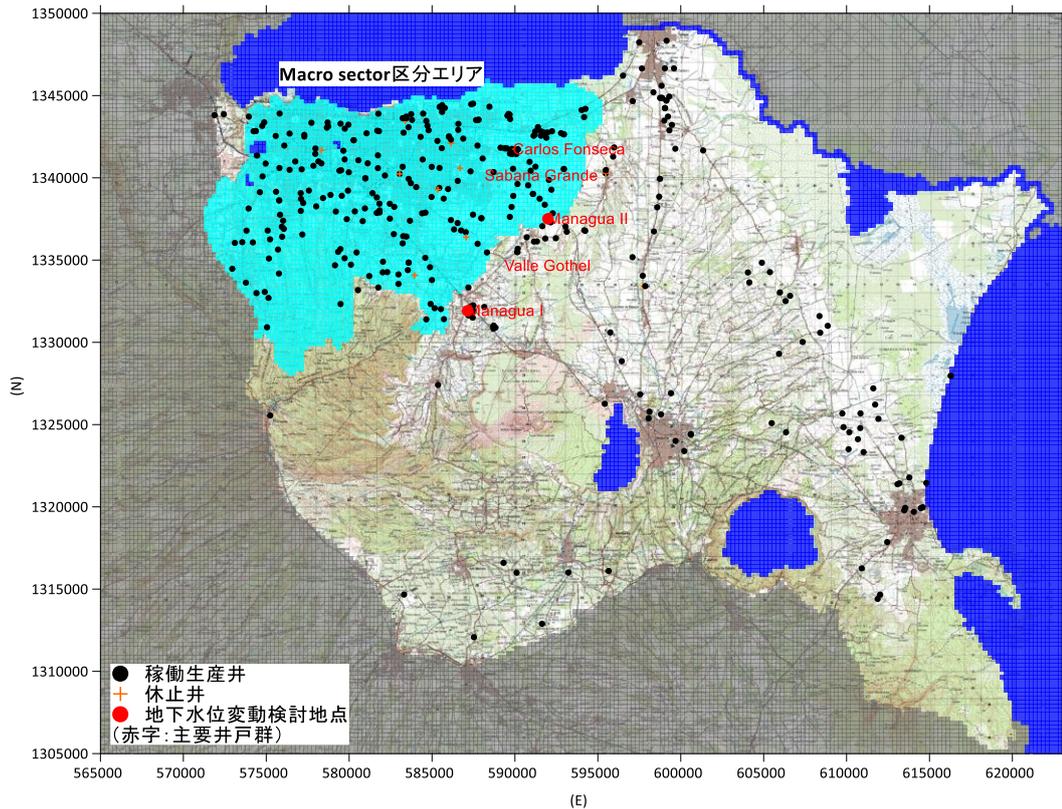


Figura 4.6.10 Distribución de Pozos Principales en 2021

(c) Fluctuaciones del nivel del agua subterránea

Se representa la distribución del agua subterránea de los meses de diciembre de 2030 y de diciembre de 2040 de cada escenario, y se compara la distribución del nivel freático en los siguientes términos.

- Comparación del nivel freático al mes de diciembre de 2030 de cada escenario y el nivel freático según el análisis del estado actual
- Comparación del nivel freático al mes de diciembre de 2040 de cada escenario y el nivel freático según el análisis del estado actual (diciembre de 2019)
- Comparación de la distribución del agua subterránea en diciembre de 2030 entre el Escenario 1 y los escenarios 2 a 6
- Comparación de la distribución del agua subterránea en diciembre de 2040 entre el Escenario 1 y los escenarios 2 a 6

(i) Escenario 1

El Escenario 1 asume que "se mantiene el volumen de bombeo actual bajo el volumen promedio de recarga de acuífero". En la Figura 4.6.11 se presenta la distribución de agua subterránea en diciembre de 2030 y de 2040 bajo este Escenario. A continuación Figura 4.6.12 se presenta la comparación de estos niveles con el nivel freático final según el análisis del estado actual (diciembre de 2019).

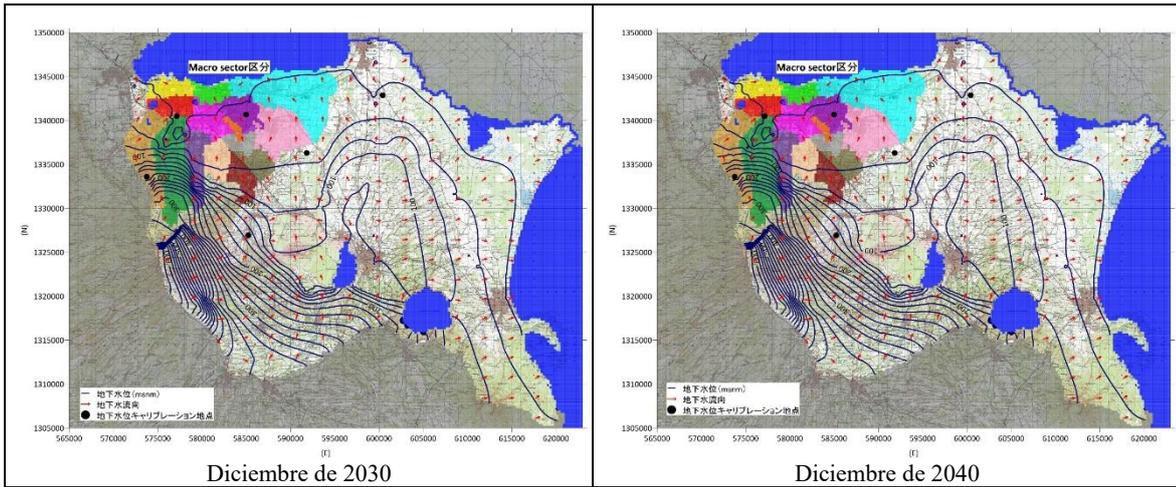


Figura 4.6.11 Escenario 1: Proyección de la distribución del nivel freático

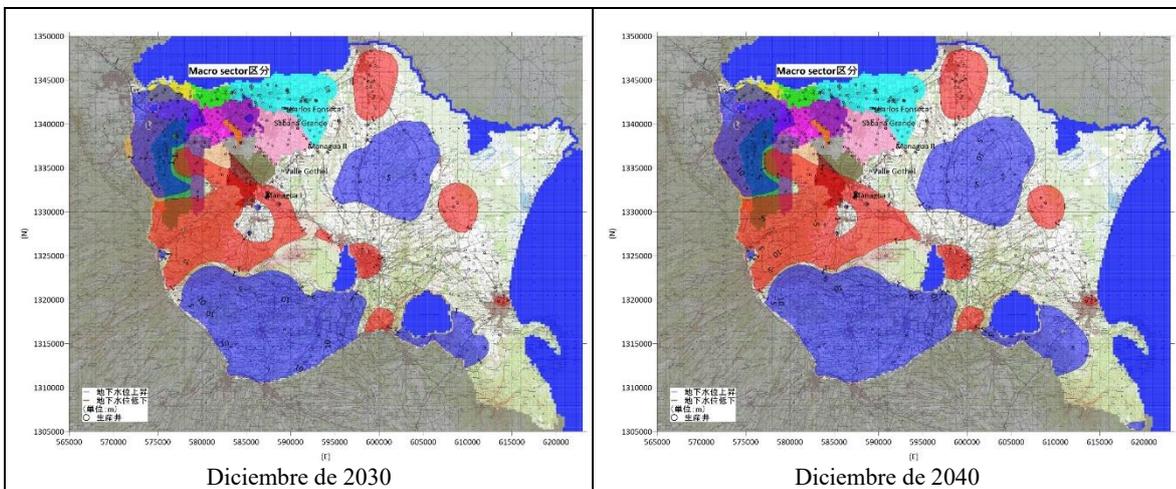


Figura 4.6.12 Escenario 1: Comparación con la distribución del nivel freático en 2019

(ii) Escenario 2

El Escenario 2 supone que "se mantendrá el volumen actual de bombeo y ocurrirá la sequía cada diez años". En la Figura 4.6.13 se presenta la distribución de agua subterránea en diciembre de 2030 y de 2040 bajo este Escenario. En la Figura 4.6.14 se presenta la comparación de estos niveles con el nivel freático final según el análisis del estado actual (diciembre de 2019). Finalmente en la Figura 4.6.15 se presenta la comparación con el nivel freático del Escenario 1.

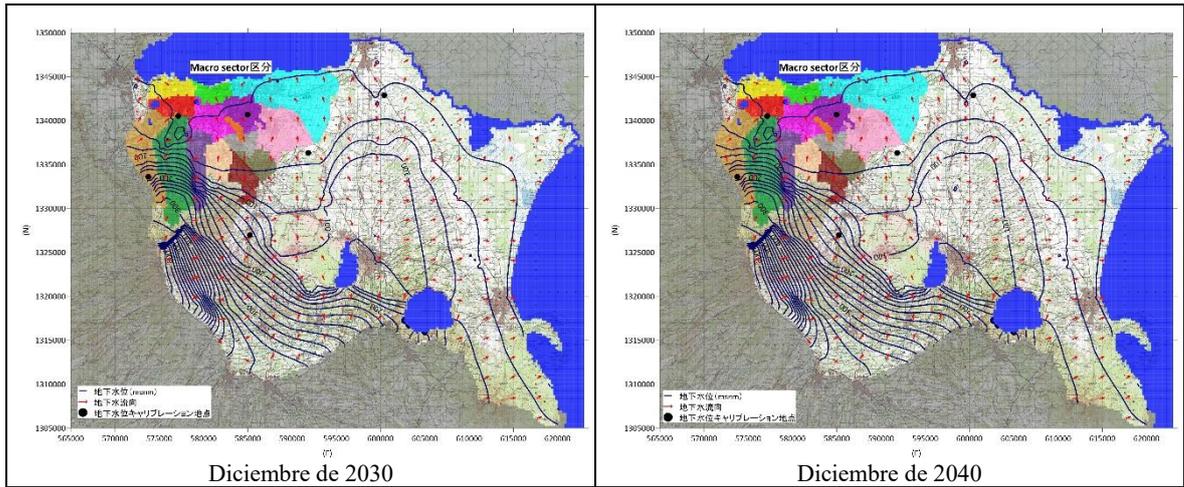


Figura 4.6.13 Escenario 2: Proyección de la distribución del nivel freático

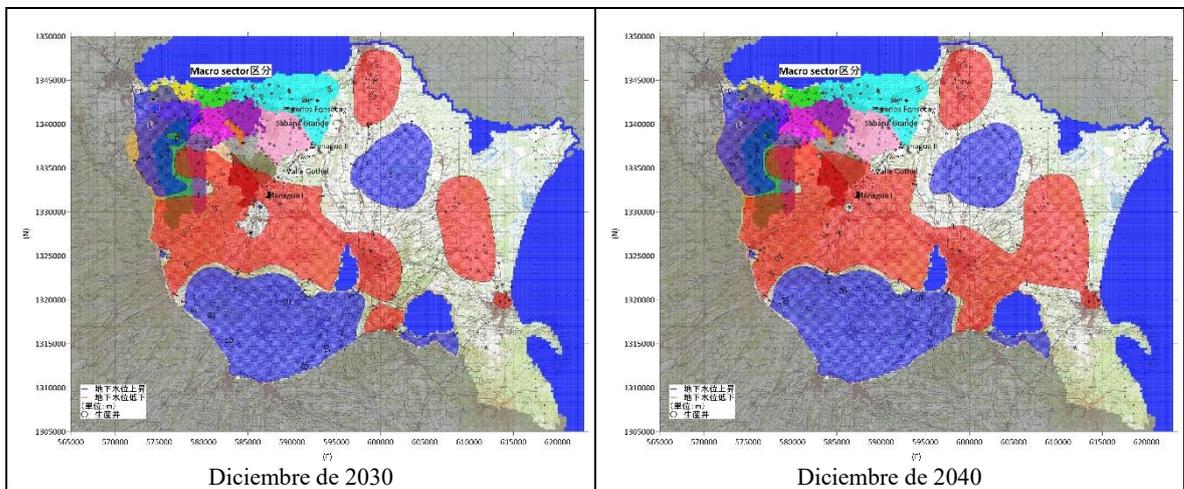


Figura 4.6.14 Escenario 2: Comparación con la distribución del nivel freático en 2019

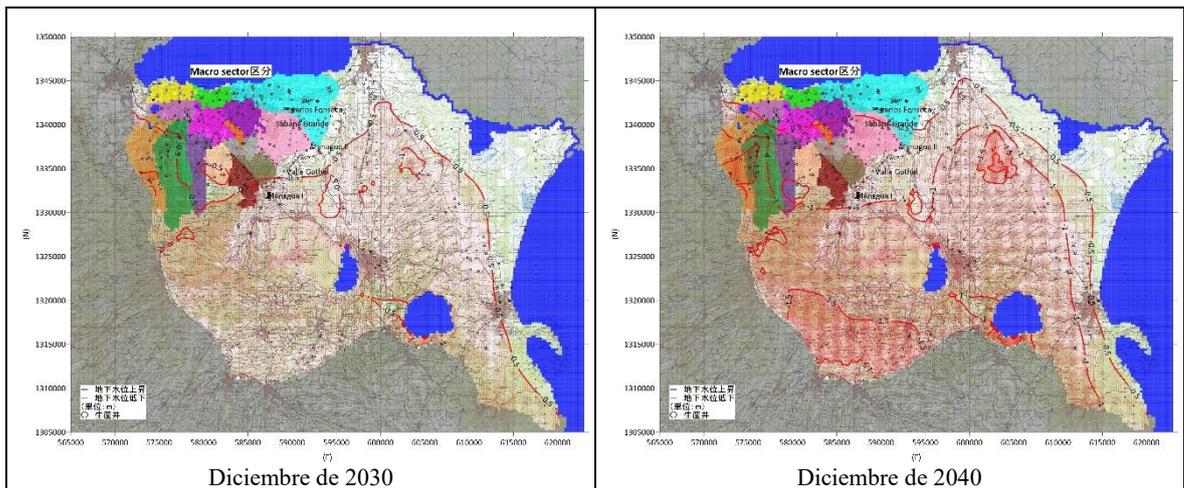


Figura 4.6.15 Escenario 2: Comparación con la distribución del nivel freático del Escenario 1

(iii) Escenario 3

El Escenario 3 supone que "se reducirá el volumen de fugas en los macrosectores, bajo el volumen promedio de recarga de acuífero". En la Figura 4.6.16 se presenta la

distribución de agua subterránea en diciembre de 2030 y de 2040 bajo este Escenario. En la Figura 4.6.17 se presenta la comparación de estos niveles con el nivel freático final según el análisis del estado actual (diciembre de 2019). Finalmente en la Figura 4.6.18 se presenta la comparación con el nivel freático del Escenario 1.

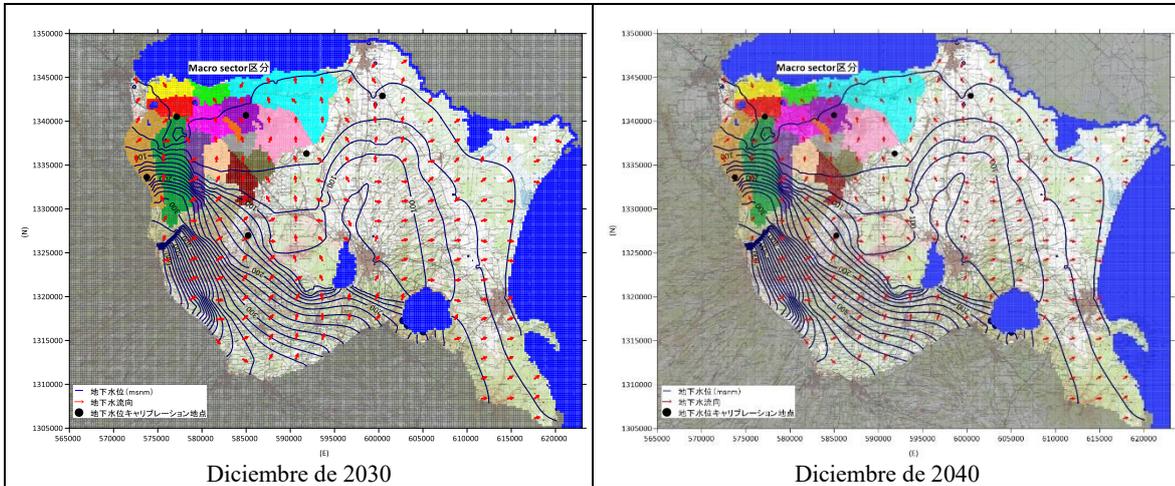


Figura 4.6.16 Escenario 3: Proyección de la distribución del nivel freático

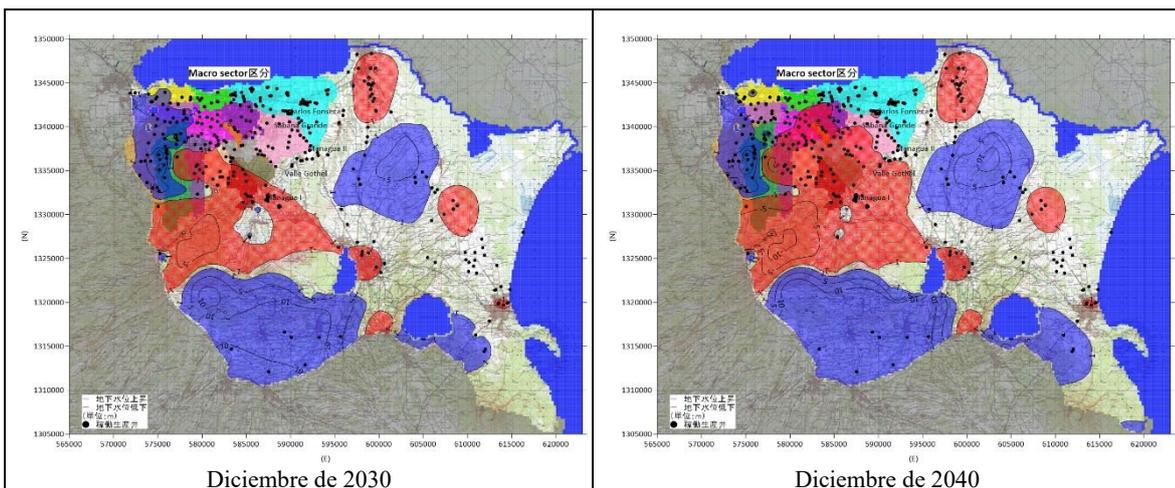


Figura 4.6.17 Escenario 3: Comparación con la distribución del nivel freático en 2019

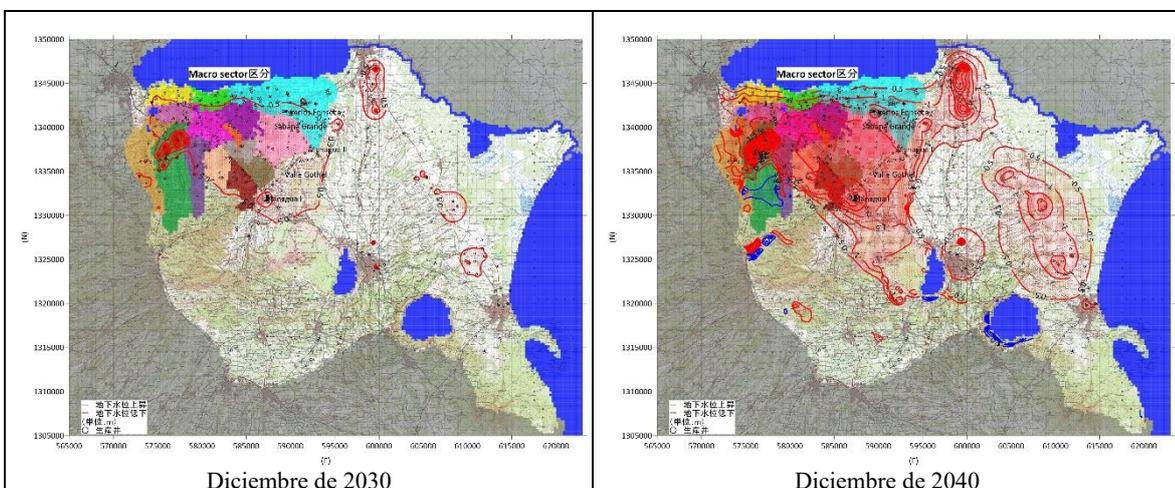


Figura 4.6.18 Escenario3: Comparación con la distribución del nivel freático del Escenario1

(iv) Escenario 4

El Escenario 4 supone que "aumentará el volumen de bombeo bajo el volumen promedio de recarga de acuífero". En la Figura 4.6.19 se presenta la distribución de agua subterránea en diciembre de 2030 y de 2040 bajo este Escenario. En la Figura 4.6.20 se presenta la comparación de estos niveles con el nivel freático final según el análisis del estado actual (diciembre de 2019). Finalmente en la Figura 4.6.21 se presenta la comparación con el nivel freático del Escenario 1.

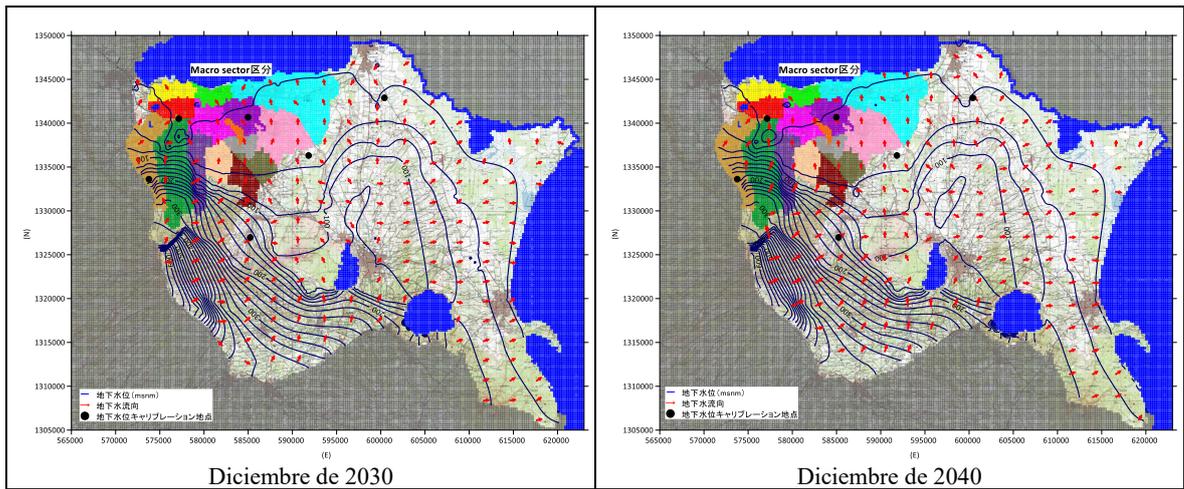


Figura 4.6.19 Escenario 4: Proyección de la distribución del nivel freático

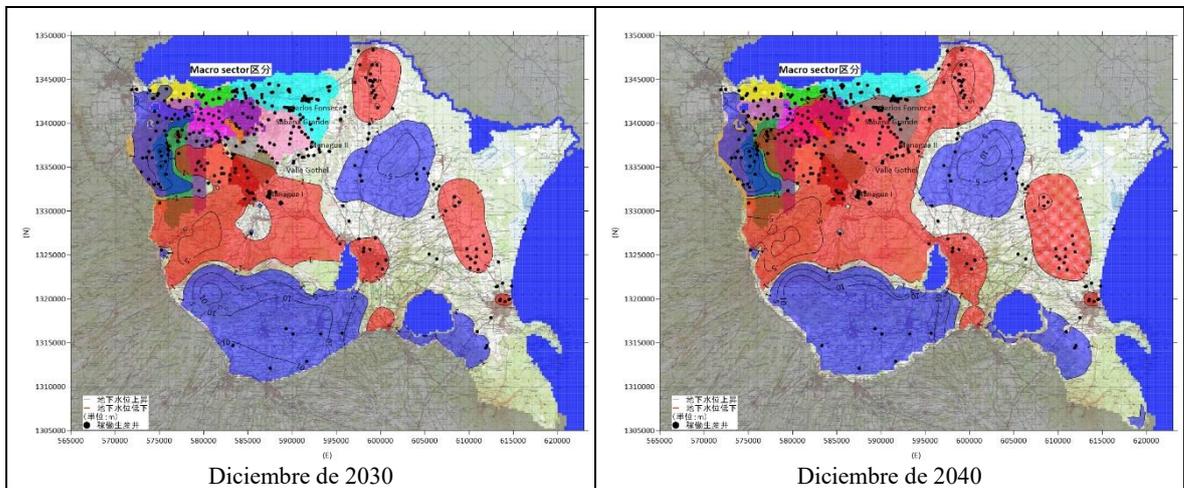


Figura 4.6.20 Escenario 4: Comparación con la distribución del nivel freático en 2019

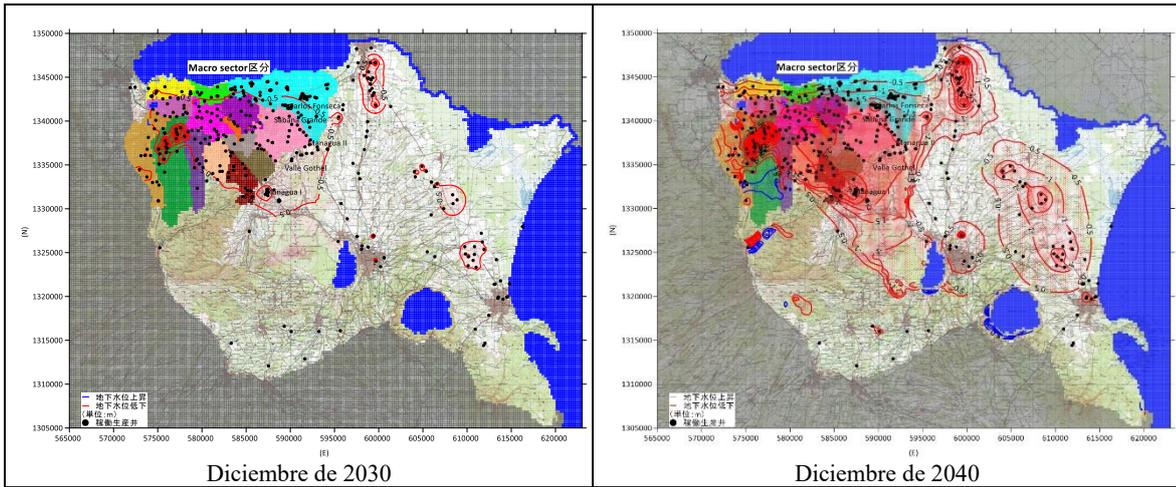


Figura 4.6.21 Escenario4: Comparación con la distribución del nivel freático del Escenario1

(v) Escenario 5

El Escenario 5 supone que "se reducirá el volumen de bombeo bajo el volumen promedio de recarga de acuífero". En la Figura 4.6.22 se presenta la distribución de agua subterránea en diciembre de 2030 y de 2040 bajo este Escenario. En la Figura 4.6.23 se presenta la comparación de estos niveles con el nivel freático final según el análisis del estado actual (diciembre de 2019). Finalmente en la Figura 4.6.24 se presenta la comparación con el nivel freático del Escenario 1.

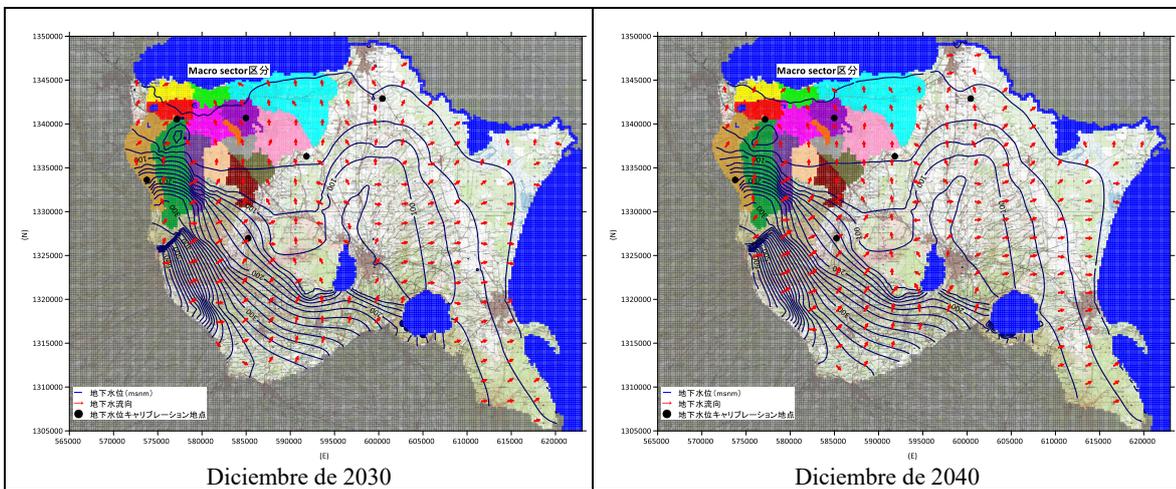


Figura 4.6.22 Escenario 5: Proyección de la distribución del nivel freático

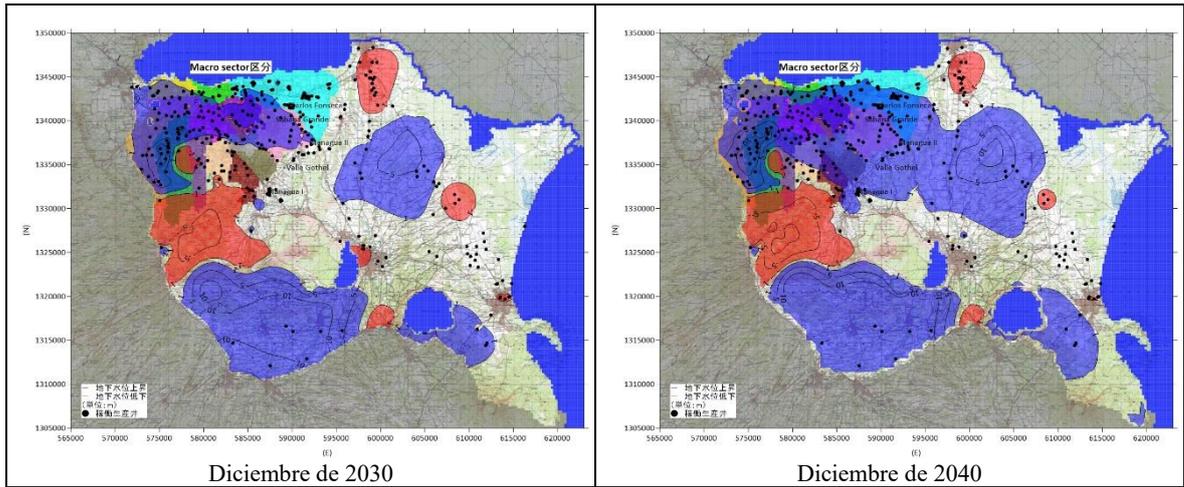


Figura 4.6.23 Escenario 5: Comparación con la distribución del nivel freático en 2019

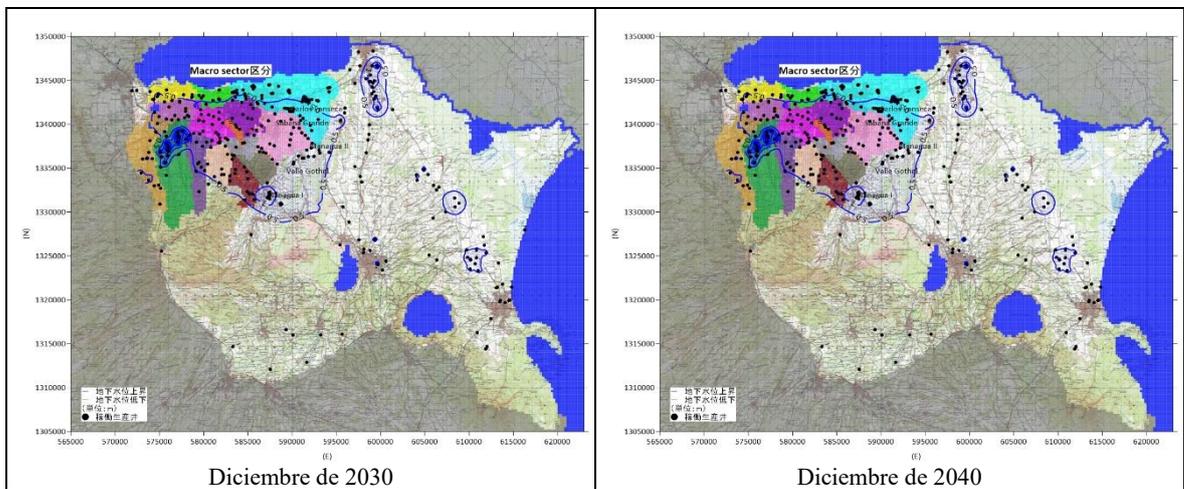


Figura 4.6.24 Escenario 5: Comparación con la distribución del nivel freático del Escenario 1

(d) Balance de agua subterránea

Al igual que el análisis del estado actual, a continuación se presentan los resultados de tres tipos del balance de agua subterránea en los escenarios 1 al 5.

- La totalidad del área de análisis (cálculo) (todos los acuíferos)
- Acuífero las Sierras del PHRH (todos los acuíferos)
- Acuífero las Sierras del PHRH (tercer acuífero)

(i) Escenario 1

En la Figura 4.6.25 - Figura 4.6.27 se presenta la proyección del balance de agua subterránea entre enero de 2020 y diciembre de 2040 bajo el Escenario "se mantiene el volumen de bombeo actual bajo el volumen promedio de recarga de acuífero".

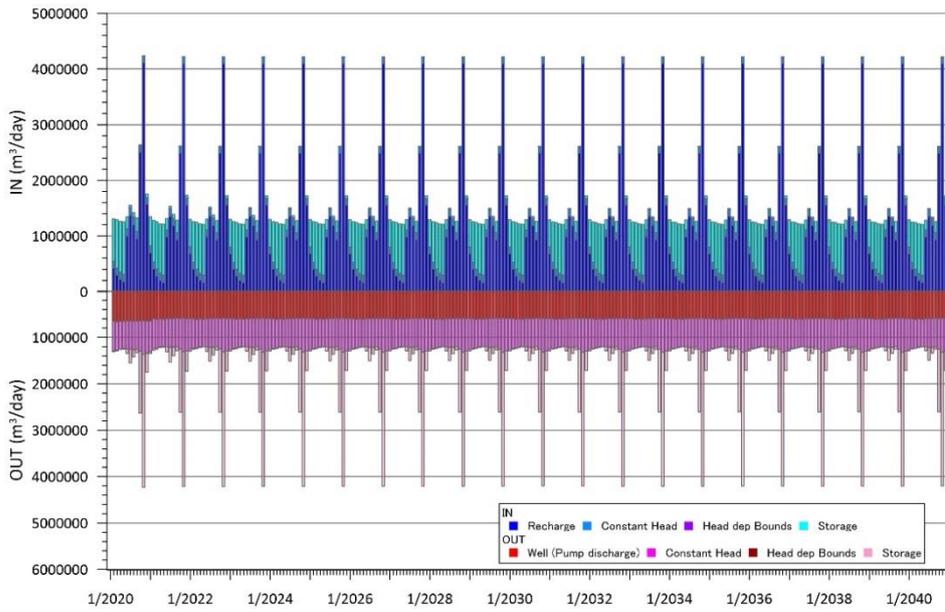


Figura 4.6.25 Escenario 1: Balance de agua subterránea en la totalidad del área de análisis (cálculo)

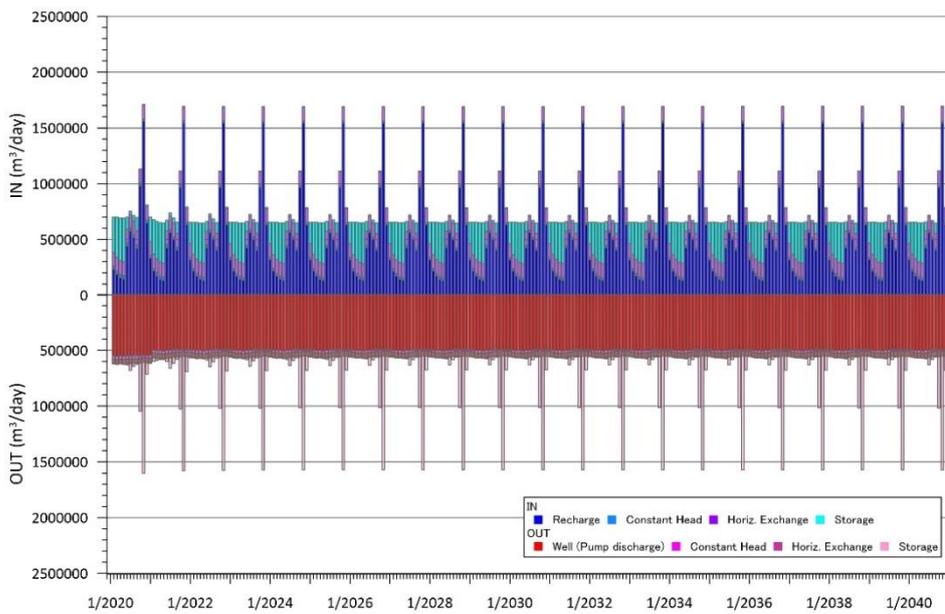


Figura 4.6.26 Escenario 1: Balance de agua subterránea en el área de acuífero las Sierras del PNRH (todos los acuíferos)

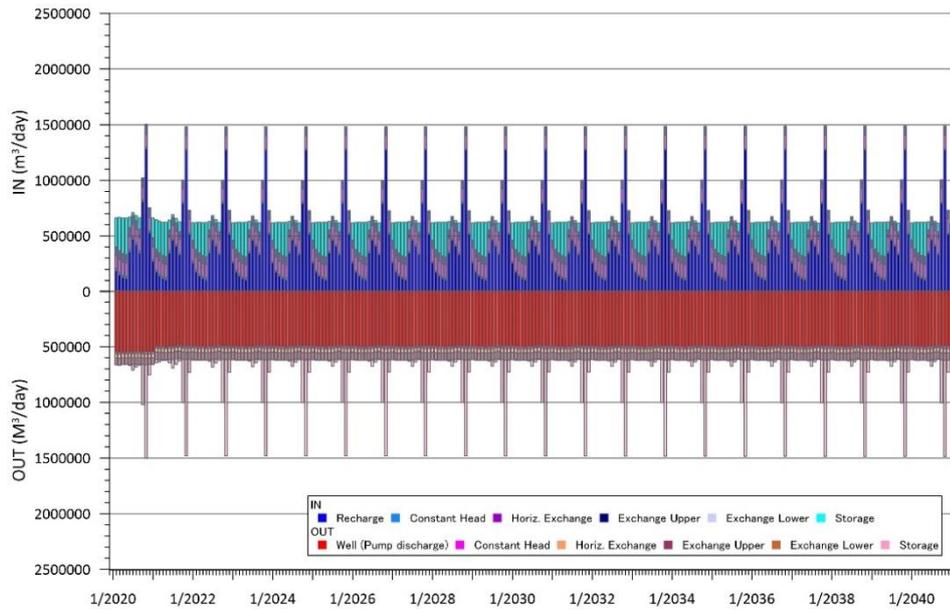


Figura 4.6.27 Escenario 1: Balance de agua subterránea en acuíferos las Sierras del PNRH (Tercer acuífero)

(ii) Escenario 2

En las Figura 4.6.28 - Figura 4.6.30 se presenta la proyección del balance de agua subterránea entre enero de 2020 y diciembre de 2040 bajo el Escenario "se mantendrá el volumen actual de bombeo y ocurrirá la sequía cada diez años".

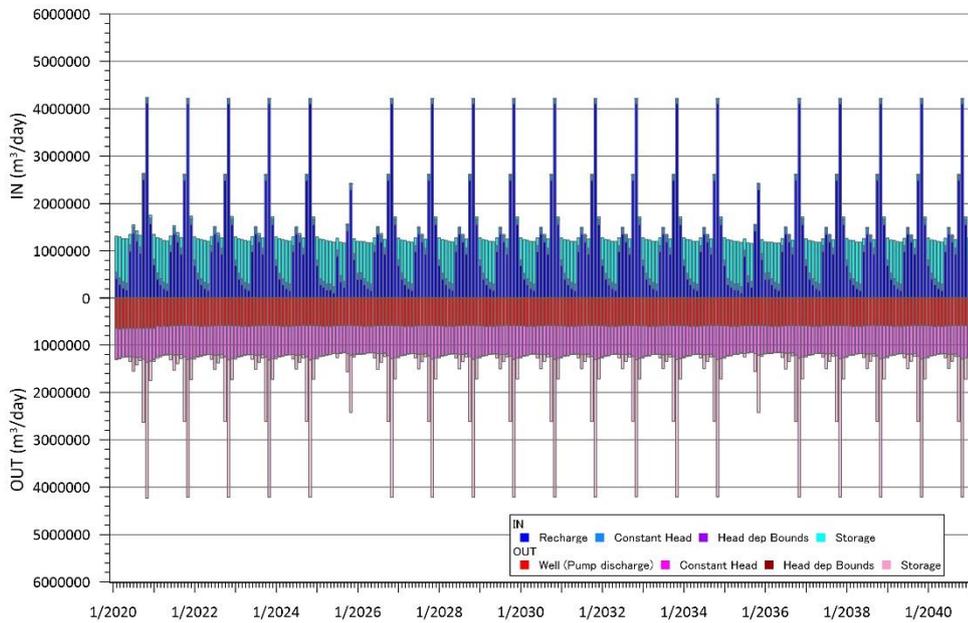


Figura 4.6.28 Escenario 2: Balance de agua subterránea en la totalidad del área de análisis (cálculo)

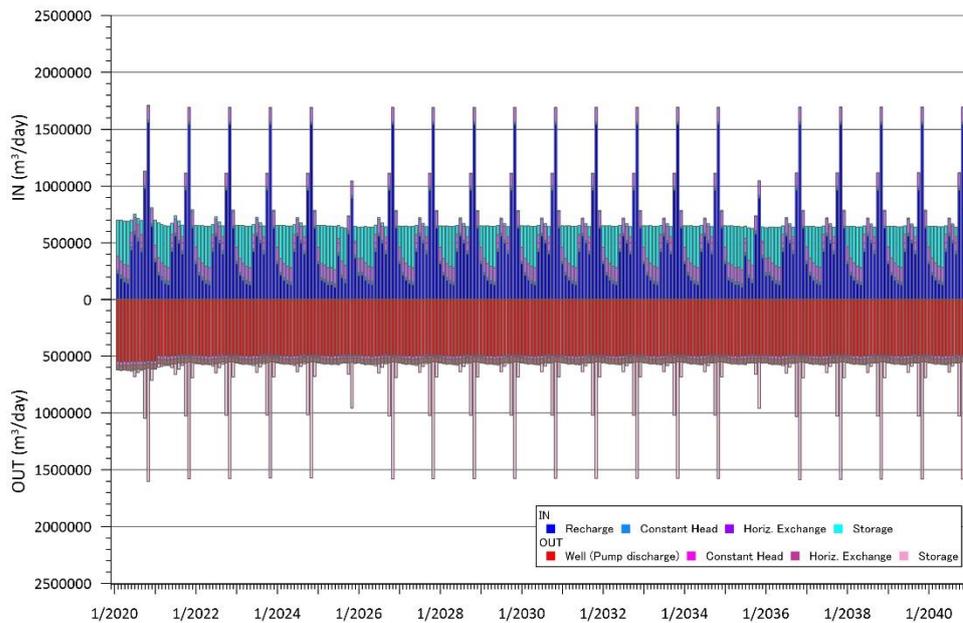


Figura 4.6.29 Escenario 2: Balance de agua subterránea en el área de acuífero las Sierras del PNRH (todos los acuíferos)

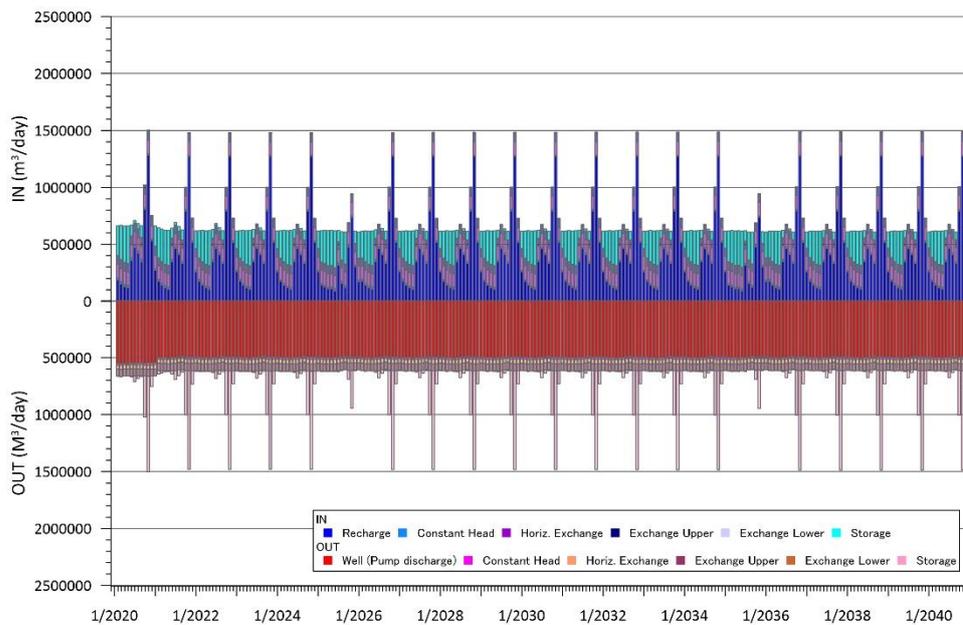


Figura 4.6.30 Escenario 2: Balance de agua subterránea en acuíferos las Sierras del PNRH (Tercer acuífero)

(iii) Escenario 3

En las Figura 4.6.31 - Figura 4.6.33 se presenta la proyección del balance de agua subterránea entre enero de 2020 y diciembre de 2040 bajo el Escenario se reducirá el volumen de fugas en los macrosectores, bajo el volumen promedio de recarga de acuífero".

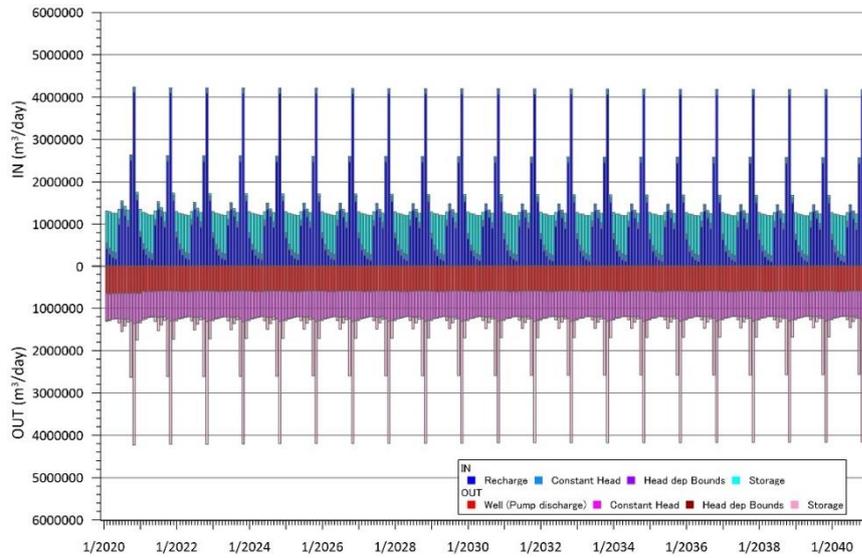


Figura 4.6.31 Escenario 3: Balance de agua subterránea en la totalidad del área de análisis (cálculo)

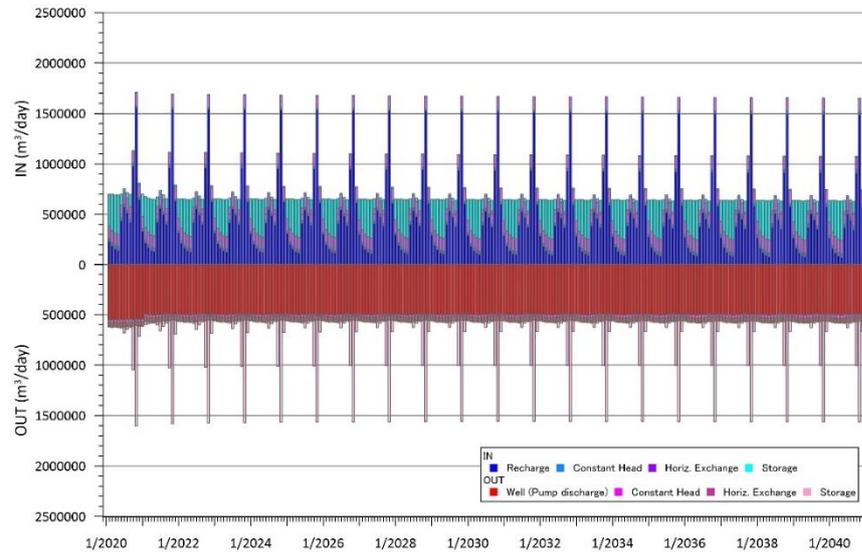


Figura 4.6.32 Escenario 3: Balance de agua subterránea en el área de acuífero las Sierras del PNRH (todos los acuíferos)

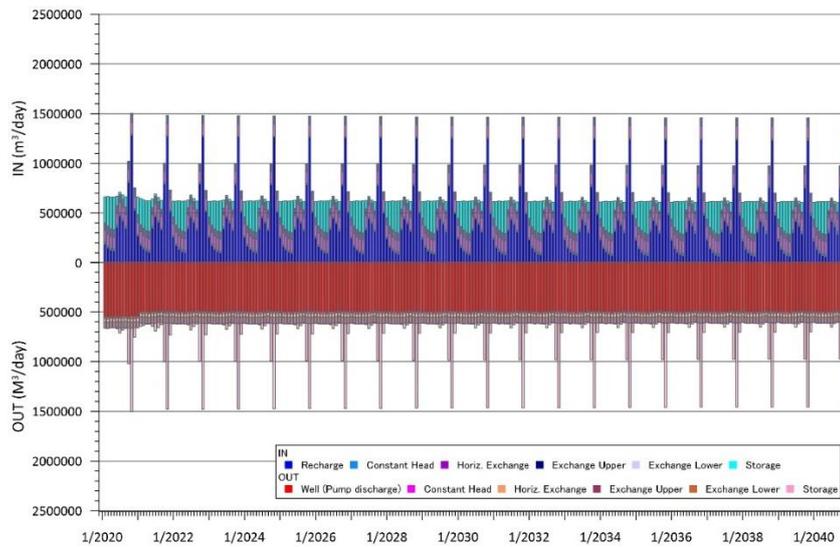


Figura 4.6.33 Escenario 3: Balance de agua subterránea en acuíferos las Sierras del PNRH (Tercer acuífero)

(iv) Escenario 4

En las Figura 4.6.34 - Figura 4.6.36 se presenta la proyección del balance de agua subterránea entre enero de 2020 y diciembre de 2040 bajo el Escenario "aumentará el volumen de bombeo bajo el volumen promedio de recarga de acuífero".

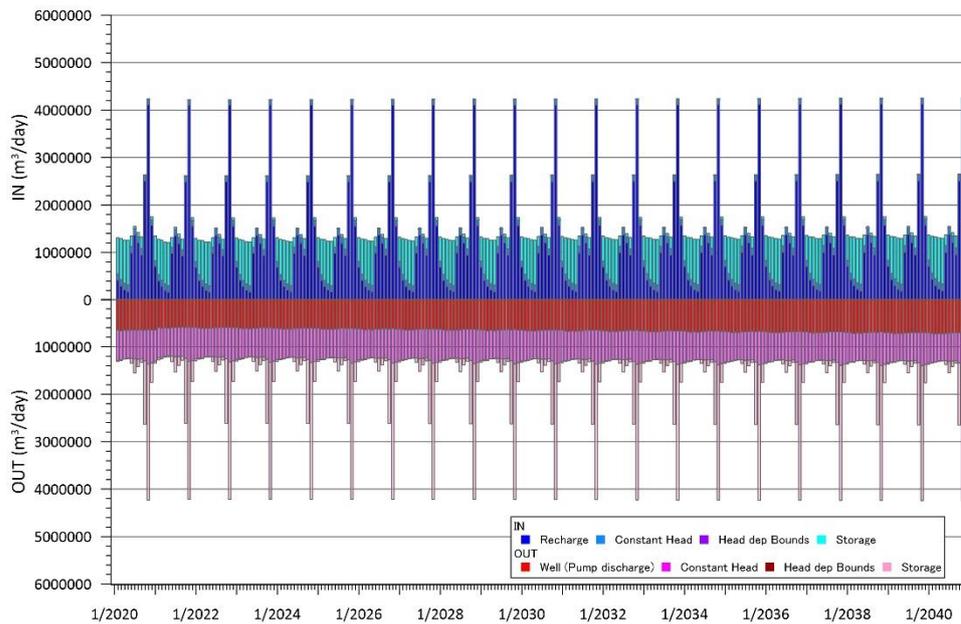


Figura 4.6.34 Escenario 4: Balance de agua subterránea en la totalidad del área de análisis (cálculo)

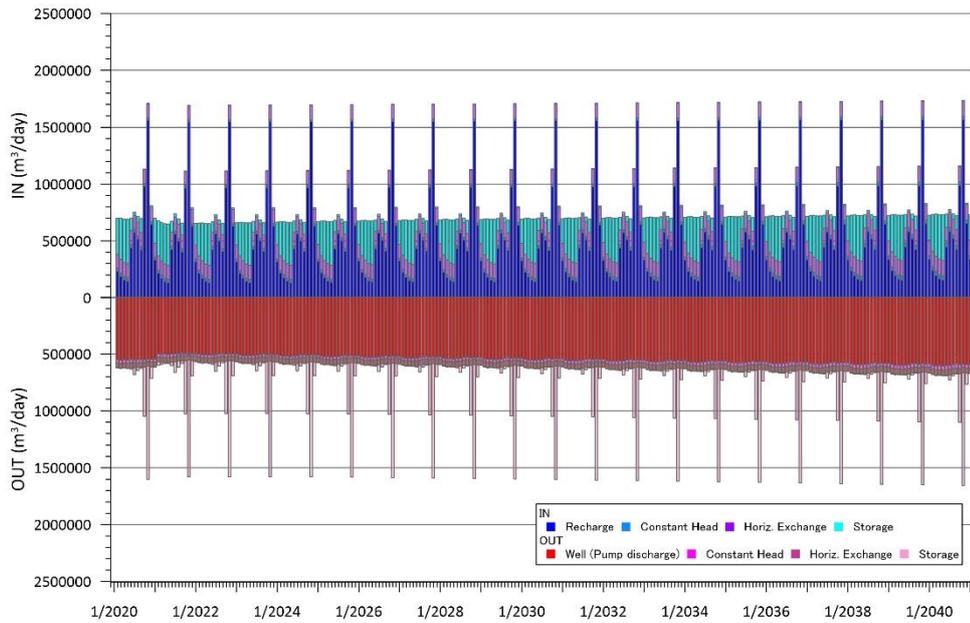


Figura 4.6.35 Escenario 4: Balance de agua subterránea en el área de acuífero las Sierras del PNRH (todos los acuíferos)

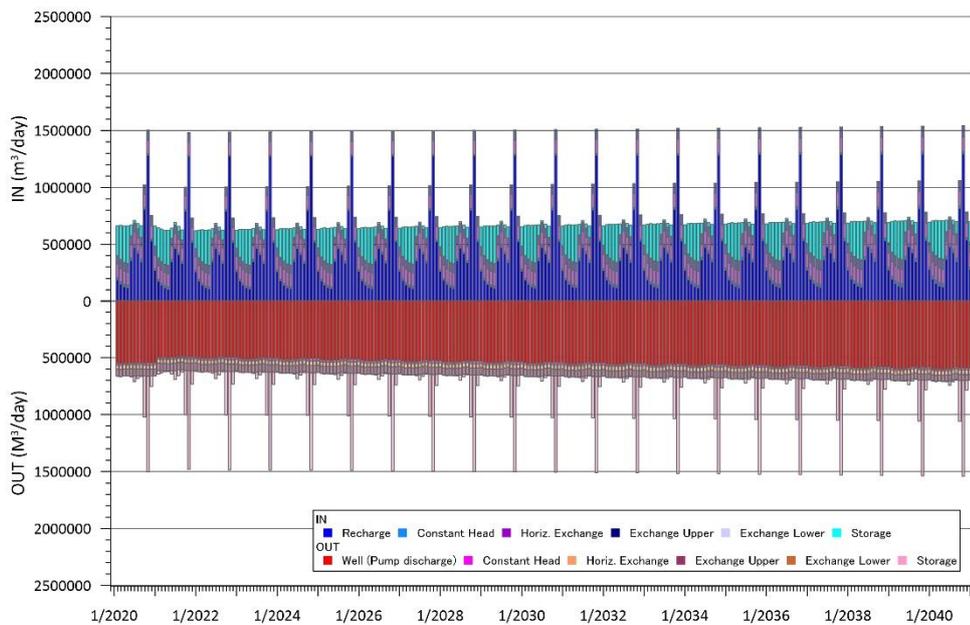


Figura 4.6.36 Escenario 4: Balance de agua subterránea en acuíferos las Sierras del PNRH (Tercer acuífero)

(v) Escenario 5

En las Figura 4.6.37 - Figura 4.6.38 se presenta la proyección del balance de agua subterránea entre enero de 2020 y diciembre de 2040 bajo el Escenario "se reducirá el volumen de bombeo bajo el volumen promedio de recarga de acuífero".

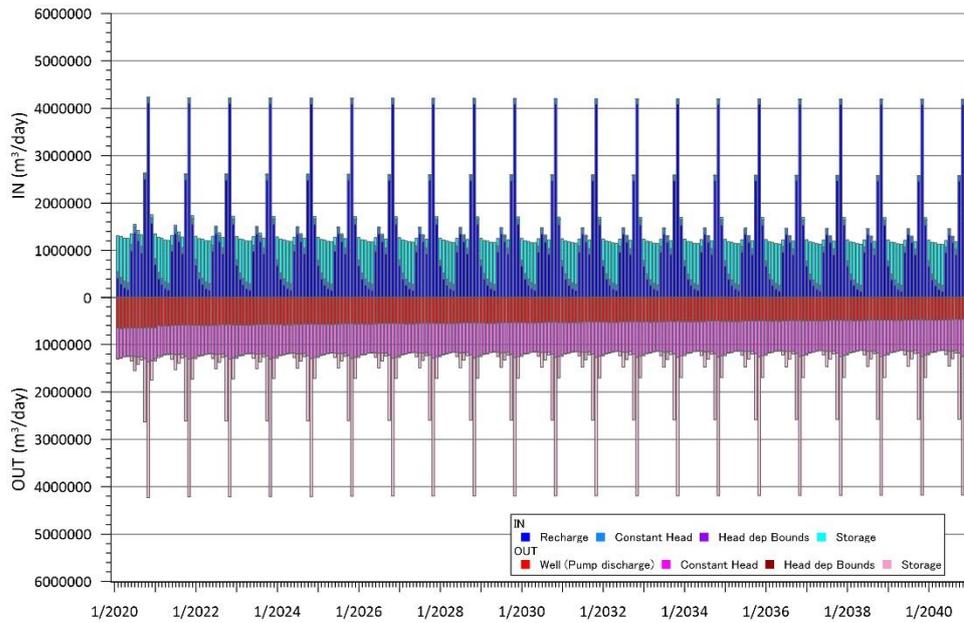


Figura 4.6.37 Escenario 5: Balance de agua subterránea en la totalidad del área de análisis (cálculo)

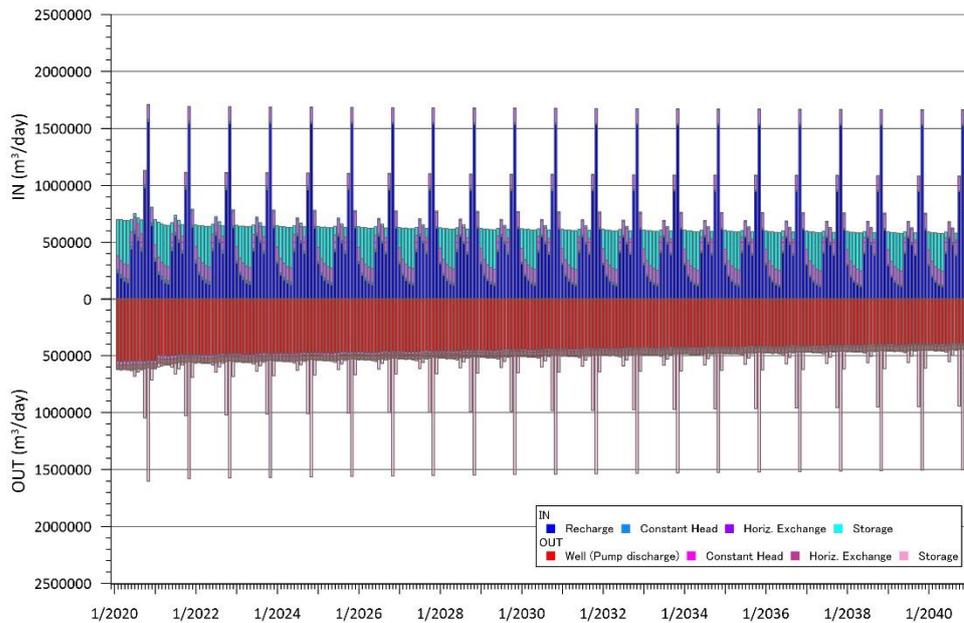


Figura 4.6.38 Escenario 5: Balance de agua subterránea en el área de acuífero las Sierras del PNRH (todos los acuíferos)

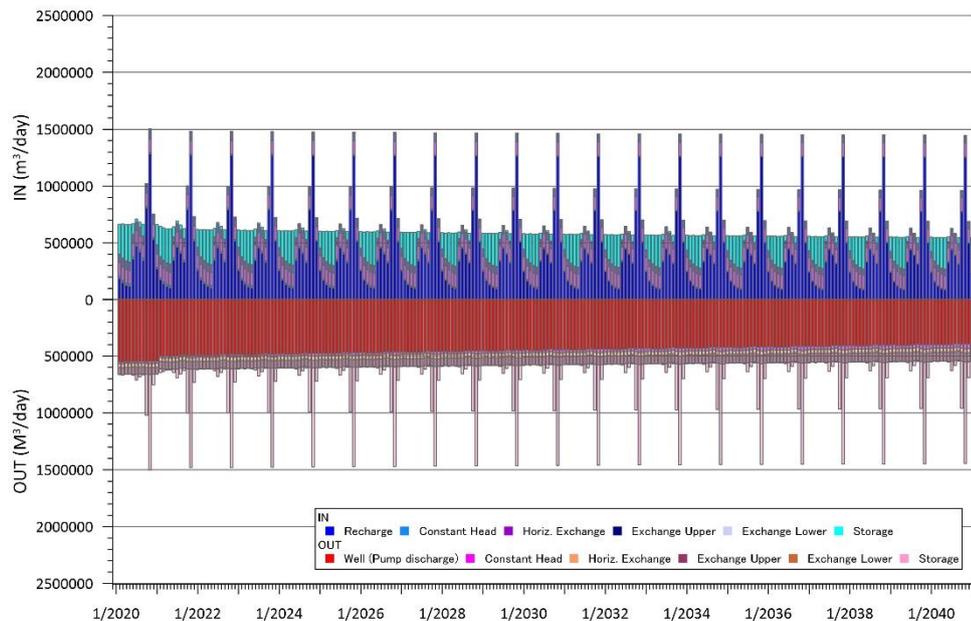


Figura 4.6.39 Escenario 5: Balance de agua subterránea en acuíferos las Sierras del PNRH (Tercer acuífero)

(3) Análisis general

El presente análisis ha sido realizado dentro del tiempo limitado, basándose principalmente en las informaciones y datos extraídos de los estudios precedentes, y como tal puede haber variación en el nivel de precisión entre las áreas. En todo caso, de los resultados del análisis predictivo se puede afirmar lo siguiente.

(a) Fluctuaciones del nivel del agua subterránea en los puntos de calibración y puntos del proyecto JICA

- En los seis puntos utilizados para la calibración y proyectos de JICA (Managua I, Managua II), se produce las siguientes variaciones del nivel de agua si se asume continuar bombeando el mismo volumen de 2021 (Escenario 1).
 - Julio Martínez: Se prevé que el nivel de agua aumentará 2 m aproximadamente hasta 2040. Luego entre 2030 y 2040 el incremento del nivel de agua será de 0.5 m aproximadamente manteniendo un estado equilibrado.
 - KM. 13.5 C. Sur: Se prevé que el nivel de agua continuará aumentando hasta 7 m aproximadamente hasta 2040. Es grande la influencia de la entrada de agua desde el borde occidental, y el aumento o reducción del nivel freático son dominados por este caudal de entrada. (Si se asume el caudal de entrada en 0, se producen un grid computacional que representa el agotamiento de los pozos).
 - La Borgoña: En la fase inicial, el nivel de agua sube, para luego reducirse influenciado por la reducción del nivel en los alrededores. Se prevé que el nivel freático bajará 2 m aproximadamente hasta el año 2040.

- Grupo de pozo Managua II incluida P-16: Se mantendrá el actual nivel freático.
- Zambrano: Se prevé que el nivel freático bajará 2.5 m aproximadamente hasta el año 2030, para luego mantenerse en un estado equilibrado, con una reducción del nivel de 0.3 m entre los años 2030 y 2040.
- Valencia: Inicialmente el nivel aumentará 1 m aproximadamente, para luego mantenerse ese nivel.
- Grupo de Pozo Managua II: Debido al aumento del agua bombeada en 2021, el nivel del agua subterránea caerá al comienzo del análisis predictivo, pero el nivel del agua casi se mantendrá después de eso.

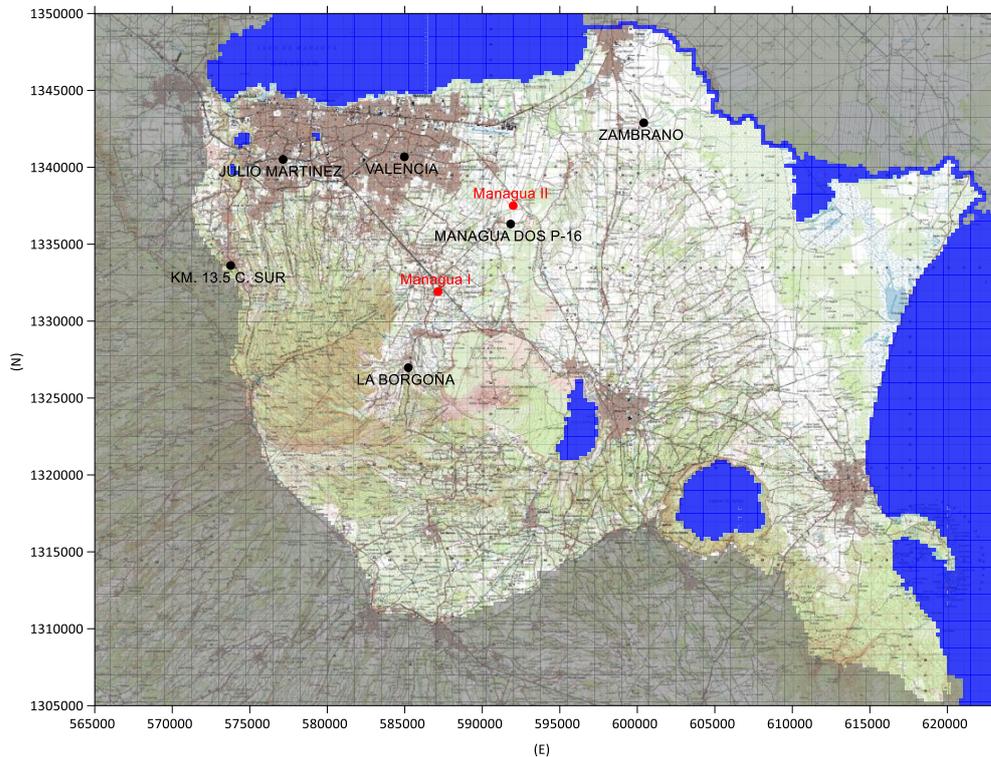


Figura 4.6.40 Puntos de calibración y puntos de proyecto JICA

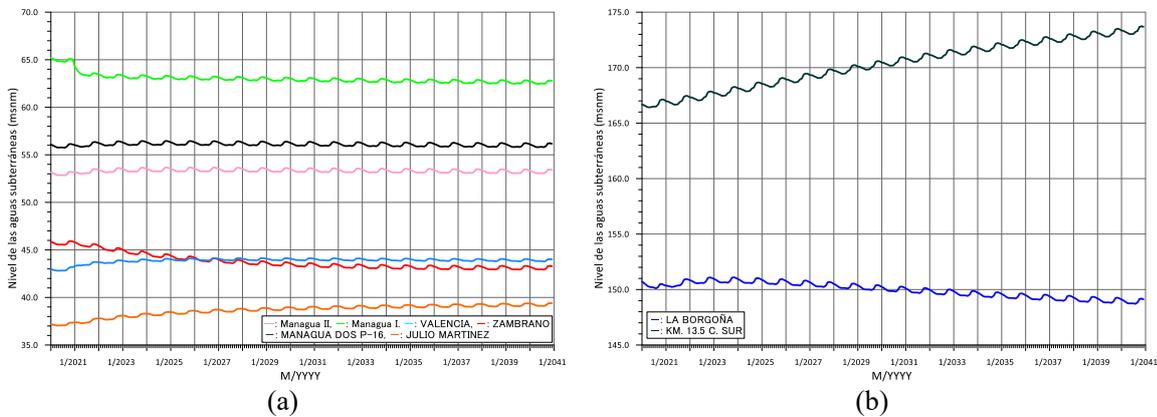


Figura 4.6.41 Fluctuación del nivel del agua subterránea en el escenario 1

(b) Pronóstico del balance de aguas subterráneas

Los pronósticos anuales del balance de agua subterránea para 2025, 2030, 2035 y 2040 en todo el rango de análisis y el acuífero Las Sierras (todos los acuíferos y el tercero) del PNRH se muestran en las Tabla 4.6.13 a Tabla 4.6.15. No existe un cambio significativo en la relación de entrada/salida de agua subterránea con el área externa (relación de entrada/salida con la celda establecida en el límite general de cabeza y relación de entrada/salida con las celdas circundantes en el área del acuífero Las Sierras). Además, no se pronostican eventos que cambien la dirección del flujo de agua subterránea.

En cuanto a la relación entre la cantidad de recarga y la cantidad de agua bombeada, la cantidad de recarga supera la cantidad de agua bombeada en todos los escenarios en todo el rango de análisis. Sin embargo, cuando ocurra una sequía como la de 2016, se pronostica que se bombeará alrededor del 97% de la recarga. Además, la cantidad de recarga supera la cantidad de agua bombeada en todo el rango de análisis. Sin embargo, los pozos de bombeo no están distribuidos en toda la región, sino que están concentrados localmente. Por lo tanto, se debe tener en cuenta que habrá áreas donde el nivel freático sube y áreas donde el nivel freático cae, como se describe en la siguiente sección.

Por otro lado, en el acuífero Las Sierras del PNRH, la cantidad promedio de recarga en el área y la cantidad de agua bombeada en 2021 son casi iguales (alrededor del 98,6% de la cantidad de recarga es bombeada). En los escenarios 2, 3 y 4, existe la preocupación de que el nivel del agua subterránea descienda incluso si aumenta la entrada de agua subterránea desde el área circundante porque la cantidad de agua bombeada excede la cantidad de recarga.

Tabla 4.6.13 Balance anual de agua subterránea en la totalidad del área de análisis (cálculo)

(Unidad : mil m³/año)

año	Toda la zona (IN)	Toda la zona (OUT)	Toda la zona (Balance)	Zona exterior (IN)	Zona exterior (OUT)	Zona exterior (Balance)	Recarga (IN)	Bombeo (OUT)	Recarga - bombeo (Balance)
Escenarios 1:									
2025	615,507	614,885	622	706	59	647	438,553	217,327	221,225
2030	614,173	613,353	820	689	65	624	438,553	217,327	221,225
2035	613,450	612,691	759	673	72	601	438,553	217,327	221,225
2040	614,236	613,495	741	661	82	580	438,833	217,937	220,896
Escenarios 2:									
2025	492,071	491,655	416	710	57	652	224,323	217,327	6,996
2030	612,087	611,362	725	698	62	636	438,553	217,327	221,225
2035	488,624	488,111	513	684	67	617	224,323	217,327	6,996
2040	611,172	610,339	833	675	74	601	438,833	217,937	220,896
Escenarios 3:									
2025	613,940	613,320	620	706	59	647	434,000	217,327	216,672
2030	610,267	609,454	813	689	65	624	428,309	217,327	210,981
2035	607,283	606,515	768	673	71	602	423,187	217,327	205,859
2040	605,635	604,909	727	662	80	582	418,289	217,937	200,353
Escenarios 4:									
2025	622,428	621,808	620	706	59	647	444,374	226,987	213,387
2030	628,869	628,033	836	689	65	624	442,650	239,060	203,590
2035	634,581	633,843	738	673	71	601	444,699	249,926	194,772
2040	641,647	640,912	734	661	80	581	447,051	261,524	185,527
Escenarios 5:									
2025	609,647	609,032	615	706	59	647	436,731	207,668	229,064
2030	601,923	601,118	805	688	65	623	434,455	195,595	238,860
2035	596,656	595,862	793	671	73	599	432,406	184,728	247,678
2040	593,316	592,431	885	659	83	576	430,616	174,349	256,266

* La región exterior muestra la relación de flujo de entrada/salida con el conjunto de celdas en el límite de cabeza general.

Tabla 4.6.14 Balance anual de agua subterránea en el área de acuífero las Sierras del PNRH (todos los acuíferos)

(Unidad : mil m³/año)

año	Toda la zona (IN)	Toda la zona (OUT)	Toda la zona (Balance)	Zona exterior (IN)	Zona exterior (OUT)	Zona exterior (Balance)	Recarga (IN)	Bombeo (OUT)	Recarga - bombeo (Balance)
Escenarios 1:									
2025	291,103	291,044	59	45,918	15,864	30,054	183,969	181,415	2,554
2030	290,819	290,774	45	46,519	16,064	30,455	183,969	181,415	2,554
2035	290,744	290,705	39	47,235	16,184	31,051	183,969	181,415	2,554
2040	291,441	291,396	45	48,088	16,304	31,784	184,142	181,918	2,224
Escenarios 2:									
2025	250,926	250,889	36	45,616	15,780	29,836	106,919	181,415	-74,496
2030	290,124	290,066	58	46,021	15,978	30,043	183,969	181,415	2,554
2035	249,883	249,857	26	46,474	16,009	30,465	106,919	181,415	-74,496
2040	290,144	290,076	67	47,125	16,125	31,000	184,142	181,918	2,224
Escenarios 3:									
2025	289,328	289,271	57	45,902	15,846	30,056	179,417	181,415	-1,999
2030	286,527	286,464	63	46,548	15,990	30,558	173,726	181,415	-7,690
2035	284,010	283,967	43	47,317	16,035	31,282	168,604	181,415	-12,812
2040	282,181	282,131	50	48,212	16,069	32,143	163,598	181,918	-18,320
Escenarios 4:									
2025	297,042	296,983	60	46,122	16,005	30,117	185,791	189,479	-3,688
2030	303,775	303,721	54	47,186	16,421	30,765	188,067	199,557	-11,490
2035	309,666	309,626	40	48,377	16,763	31,614	190,116	208,628	-18,512
2040	316,278	316,234	44	49,687	17,118	32,569	192,360	218,302	-25,942
Escenarios 5:									
2025	285,801	285,739	62	45,636	15,726	29,910	182,148	173,352	8,796
2030	279,484	279,428	56	45,710	15,709	30,001	179,872	163,274	16,598
2035	274,863	274,809	53	45,868	15,609	30,259	177,823	154,203	23,620
2040	271,542	271,471	71	46,169	15,507	30,661	175,925	145,534	30,390

* La región exterior muestra la relación de flujo de entrada/salida con el conjunto de celdas en el límite de cabeza general.

Tabla 4.6.15 Balance anual de agua subterránea en acuíferos las Sierras del PNRH (Tercer acuífero)

(Unidad : mil m³/año)

año	Toda la zona (IN)	Toda la zona (OUT)	Toda la zona (Balance)	Zona exterior (IN)	Zona exterior (OUT)	Zona exterior (Balance)	Recarga (IN)	Bombeo (OUT)	Recarga - bombeo (Balance)
Escenarios 1:									
2025	270,419	270,382	37	43,833	13,433	30,400	183,969	181,404	2,565
2030	270,234	270,214	20	44,455	13,668	30,787	183,969	181,404	2,565
2035	270,251	270,242	10	45,142	13,783	31,359	183,969	181,404	2,565
2040	270,979	270,961	18	45,945	13,882	32,062	184,142	181,907	2,235
Escenarios 2:									
2025	237,759	237,753	6	43,572	13,362	30,209	106,919	181,404	-74,485
2030	269,650	269,621	30	44,026	13,604	30,423	183,969	181,404	2,565
2035	237,074	237,065	9	44,497	13,644	30,852	106,919	181,404	-74,485
2040	269,980	269,945	35	45,139	13,752	31,388	184,142	181,907	2,235
Escenarios 3:									
2025	269,171	269,139	33	43,848	13,411	30,437	179,417	181,404	-1,988
2030	267,411	267,389	22	44,544	13,591	30,952	173,726	181,404	-7,679
2035	265,960	265,949	10	45,324	13,633	31,691	168,604	181,404	-12,801
2040	265,187	265,176	11	46,211	13,649	32,563	163,598	181,907	-18,309
Escenarios 4:									
2025	276,535	276,501	35	44,023	13,584	30,439	185,791	189,467	-3,677
2030	284,035	284,018	17	45,078	14,051	31,027	188,067	199,545	-11,478
2035	290,887	290,877	10	46,222	14,395	31,827	190,116	208,615	-18,499
2040	298,544	298,537	7	47,466	14,735	32,731	192,360	218,289	-25,929
Escenarios 5:									
2025	264,713	264,671	43	43,629	13,278	30,351	182,148	173,341	8,807
2030	257,809	257,782	28	43,808	13,281	30,527	179,872	163,264	16,608
2035	252,590	252,566	24	44,027	13,165	30,862	177,823	154,194	23,629
2040	248,674	248,631	43	44,371	13,037	31,334	175,925	145,526	30,399

* La región exterior muestra la relación de flujo de entrada/salida con el conjunto de celdas en el límite de cabeza general. Además, la cantidad de recarga no indica la cantidad de recarga directa al tercer acuífero, sino la cantidad de recarga a todas las capas.

(c) Predicción del nivel de agua subterránea y la dirección del flujo de agua subterránea

La Tabla 4.6.16 resume las predicciones de cambios en el nivel de agua subterránea y la dirección del flujo de agua subterránea en cada escenario.

Tabla 4.6.16 Predicción del nivel de agua subterránea y la dirección del flujo de agua subterránea en cada escenario

Escenarios		Resultado de la predicción
Escenarios 1	Con una recarga media, continúa la capacidad de bombeo actual.	<ul style="list-style-type: none"> Se prevé que el nivel freático bajará más de 1 m entre la parte centro occidental del área analizada, sur de Tipitapa, sur Tisma, Masaya, parte de la ciudad de Granada, orilla oeste del Lago Apoyo, etc. Se prevé un aumento importante del nivel freático en la parte sudoeste del área analizada. Esto es porque debido al gran gradiente hidráulico de esta zona hace que cualquier pequeño cambio del entorno de agua subterránea influya su nivel, además de la influencia del caudal de entrada desde el borde sur del área, al igual que el aumento del nivel de agua en KM. 13.5 C. Sur descrito anteriormente. En cuanto a la zona sur, el nivel de precisión del dato que indica el aumento del nivel freático es bajo debido a la poca disponibilidad de los datos necesarios para el análisis. Lo mismo se puede decir con el aumento de nivel freático en esta área para otros escenarios.
Escenarios 2	La sequía ocurre aprox. una vez cada 10 años y continúa la capacidad de bombeo actual.	<ul style="list-style-type: none"> En el caso de ocurrir sequía cada diez años (Escenario 2), la reducción del nivel freático continuará básicamente en la zona mencionada y sus alrededores. Si se compara el Escenario 2 con el Escenario 1, la reducción del nivel freático es sustancial en Tisma y sus alrededores.
Escenarios 3	Con una recarga media, continúa la capacidad de bombeo actual. Avanzan las medidas contra la fuga de agua.	<ul style="list-style-type: none"> Se prevé una reducción del nivel freático por más de 2 m en la parte central. Asimismo, se reducirá el nivel freático en las zonas aledañas provocado por la reducción del nivel freático en esta zona.
Escenarios 4	Con condiciones meteorológicas medias, aumenta la capacidad de bombeo.	<ul style="list-style-type: none"> Se reduce el nivel freático por más de 1 m en gran extensión de área, en torno a los campos de pozos existentes. Pero si se compara con el Escenario 1, la reducción del nivel freático es sustancial en la zona sudeste del Lago Nejapa y en la zona sur de Tipitapa.
Escenarios 5	Con condiciones meteorológicas medias, disminuye la capacidad de bombeo.	<ul style="list-style-type: none"> Se prevé una reducción del nivel freático por más de 1 m en la zona sudeste del Lago Nejapa y en la zona sur de Tipitapa. Por otro lado, Si se compara con el Escenario 1, el volumen de aumento del nivel freático es mayor en ambas zonas lo que sugiere que se mantendrá el nivel freático si se logra reducir el volumen de bombeo por más del volumen establecido en el Escenario 4.
Escenarios 1-5		<ul style="list-style-type: none"> En cuanto a la dirección de flujo del agua subterránea, el agua del Lago Masaya fluye hacia los principales campos de pozos de la Ciudad de Managua, y el agua del Lago Apoyo fluye hacia la Ciudad de Managua, según el análisis. Se hace necesario desarrollar y gestionar el agua subterránea teniendo en cuenta los resultados del estudio sobre el flujo del agua caliente y los materiales (contaminantes) siguiendo esta dirección de flujo

(d) Validez de los equipos adquiridos en este proyecto

Después de instalar el equipo adquirido en este proyecto, se realizó este estudio de reserva de agua subterránea para confirmar las especificaciones sostenibles. Aunque hay cinco casos mencionados anteriormente, el balance anual de aguas subterráneas es positivo en el escenario 1 donde se continúa con el volumen de bombeo actual. Además, al reducir la cantidad de agua no facturada en el futuro, se asegurará una cantidad más suficiente de agua subterránea. Por lo tanto, se garantiza el uso continuo de los equipos adquiridos por

este proyecto. Sin embargo, debido al aumento en la demanda de agua, etc., cuando ENCAL desarrolle una fuente de agua en el futuro, Es deseable llevar a cabo el desarrollo de aguas subterráneas en las áreas azules (áreas donde sube el nivel de las aguas subterráneas) en la figura que se muestra en la Sección 4.6.2 (1) (c) para que los efectos de la disminución repentina de las aguas subterráneas no aumenten.

(e) Problemas y cuestiones en este modelo de simulación

A continuación se resumen los problemas de este modelo y las cuestiones que deben mejorarse en el futuro.

- Este análisis del modelo se realizó en un corto período de tiempo utilizando los materiales existentes con el fin de aclarar los aspectos necesarios para las actividades futuras. Por lo tanto, la precisión es alta en áreas donde se han realizado encuestas detalladas en el pasado y baja en áreas donde no se han realizado encuestas detalladas.
- Aunque ENACAL y otras organizaciones relacionadas con la gestión de aguas subterráneas tienen una gran cantidad de datos, existe el problema de que la eficiencia en la utilización de los datos es deficiente porque estos valiosos datos no están suficientemente almacenados en una base de datos.
- Para mejorar la precisión del modelo, son necesarios los siguientes elementos.
 - Es necesario reorganizar los gráficos geológicos y de columnas de pozos y proceder con el análisis de las áreas donde no se comprende completamente la estructura geológica hidráulica.
 - Para las partes oeste y sur de esta área de análisis, es necesario investigar el área límite con más detalle y acumular datos sobre el flujo de agua subterránea.
 - Los resultados de la prueba de bombeo son materiales importantes para estudiar los parámetros hidrogeológicos, pero la precisión de los valores de los parámetros requeridos depende del método de prueba. En el futuro, será necesario organizar y analizar los datos de las pruebas de bombeo con más detalle.
 - Debido a la debilidad del sistema de monitoreo de aguas subterráneas, no se ha llevado a cabo la observación continua del nivel de las aguas subterráneas, la calidad del agua y la temperatura del agua, lo que es un obstáculo para el desarrollo de modelos de flujo de aguas subterráneas, transferencia de masa y fenómenos geotérmicos. En el futuro, se espera que se construya un sistema de monitoreo de aguas subterráneas con un propósito claro.
 - Además, para construir un modelo geotérmico (agua caliente), se requieren datos básicos sobre la distribución tridimensional de la temperatura del agua (al menos datos que puedan crear una vista transversal de la distribución de la temperatura del agua).

- En cuanto a la recarga de aguas subterráneas, es necesario seguir estudiando tanto la recarga por precipitación como la recarga por fugas de agua, incluyendo el examen del método de estimación.
- Con respecto a la cantidad de agua subterránea bombeada, es necesario reorganizar la posición de la rejilla del pozo y volver a examinar la cantidad de agua captada para cada capa de captación de cada pozo.
- Con respecto a la cantidad de agua subterránea bombeada, es necesario reorganizar la posición de la rejilla del pozo y volver a examinar la cantidad de agua captada para cada capa de captación de cada pozo.

(f) Recomendaciones para utilizar este modelo de agua subterránea

- ENACAL tiene poca experiencia en el análisis de modelos de aguas subterráneas. Por otro lado, INETER y ANA cuentan con ingenieros con experiencia en análisis. Para construir y mejorar el modelo de aguas subterráneas, es necesario compartir los datos de las organizaciones relacionadas, pero es deseable que las organizaciones relacionadas construyan, mejoren y utilicen el modelo construyendo relaciones más cercanas y cooperando.
- INETER ha realizado análisis de modelos de aguas subterráneas en el área del acuífero Las Sierras del PNRH en el pasado, pero este es un cálculo constante y no un cálculo no estacionario. De ser necesario, es deseable realizar actividades mientras se recibe asesoría de institutos de investigación (por ejemplo, UNAN: Universidad Autónoma de Nicaragua).
- ENACAL quiere incorporar la entrada de agua subterránea a este lago y la descarga/captación del lago al modelo de agua subterránea debido a la importancia del lago Asososca como fuente de agua. En un modelo de área amplia como este, existe el riesgo de que el análisis se quede a mitad de camino debido a restricciones en la creación de forma de la celda de análisis. Es deseable construir un modelo detallado especializado alrededor del lago Asososca.
- También hay problemas con el hundimiento de la tierra y la intrusión de agua salada en Nicaragua. Los conceptos básicos del modelo de intrusión de agua salada y el modelo de agua caliente son los mismos, y ambos pueden analizarse mediante el cálculo de la densidad de corriente utilizando "SEAWAT", que es una de las funciones del software proporcionado esta vez. Mientras nos referimos a los ejercicios SEAWAT distribuidos en la capacitación de simulación de agua subterránea realizada en esta encuesta, nos gustaría que trabaje en la construcción de un modelo de agua caliente en esta área y use el software como una herramienta para resolver problemas en toda Nicaragua.
-

4.7 Capacitación y seminarios relacionados con la simulación de aguas subterráneas

4.7.1 Capacitación en software de simulación de aguas subterráneas

En enero de 2022, se realizó la capacitación del software de simulación de aguas subterráneas realizada en esta encuesta con los siguientes contenidos. El propósito de esta capacitación es comprender cómo usar el software de simulación de aguas subterráneas "Visual MODFLOW" proporcionado en este estudio, y permitir que ENACAL trabaje en el modelo de agua subterránea construido en este estudio de forma independiente. El contenido de la capacitación y los participantes de la capacitación se muestran a continuación.

Tabla 4.7.1 Contenido de capacitación

Fecha	Contenidos de Capacitación
14 de enero, 2022	<ul style="list-style-type: none"> • Parámetros geológicos hidráulicos (ejercicios matemáticos) • Base del modelo de agua subterránea (concepto básico de agua subterránea, base del método de modelado, tipo de modelo de agua subterránea, modelo de cuenca de agua subterránea, estructura del modelo)
17 de enero, 2022	<ul style="list-style-type: none"> • Ejercicio Visual MODFLOW (modelo numérico)
18 de enero, 2022	<ul style="list-style-type: none"> • Ejercicio Visual MODFLOW (modelo conceptual) • Modelo de Managua (usar datos)
19 de enero, 2022	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo de Managua (datos para cálculo numérico)

Tabla 4.7.2 Participantes de la capacitación

Nombre	Pertenece a	
Carlos R Chévez	INETER	Especialista en Hidrogeología
Eduardo Soza Ferrufino	ANA	Especialista en Cuencas
Roberto Alvarado	ENACAL	Sueprvisor de Proyectos
Engels López	ENACAL	Hidrogeólogo
Jesse Calderón	ENACAL	Jefe Técnico A
Benjamin Berríos	ENACAL	Hidrologo
Amilcar Ramos	ENACAL	Jefe Departamento de Hidrología

4.7.2 Seminario sobre resultados de simulación de aguas subterráneas

El 20 de enero de 2022 se llevó a cabo un seminario sobre los resultados de la simulación de aguas subterráneas de la siguiente manera.

Tabla 4.7.3 Participantes de la capacitación

Fecha	9:00 am a 11:00 am, 20 de enero de 2022
Sede	ENACALHQ, Eco de Las Victorias
Participantes	26 empleados de ENACAL 5 empleados de ANA 5 empleados de INETER 2 funcionarios de la oficina de JICA Nicaragua

4.8 Resultados de la Encuesta de Calidad del Agua del Lago de Managua

(1) Temperatura de agua

La temperatura de agua oscila entre 28.8 y 29.4 °C, registrando los niveles mínimo y máximo en la capa baja (15 m) y en la capa superficial (0 m) en el Punto 1 (Bahía Norte Frente a Momotombo), respectivamente. La diferencia de temperaturas es relativamente reducida, probablemente debido a que el agua se mueve por la influencia del viento.

(2) Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto oscila entre 4.04 y 7.78 mg/l (resultado del ensayo en laboratorio) con un grado de saturación entre 51.75 y 99.57 %. De acuerdo con la norma "NTON 09-003-99, INAA, 2001 (norma técnica para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua)", si se quiere utilizar como agua potable cuando el grado de saturación excede el 60 %, se requiere someter a filtración y desinfección.

(3) pH

El nivel de pH oscila entre 8.89 y 9.03, indicando que el agua es alcalina en el Lago de Managua. La norma "NTON 09-003-99" establece que el pH aceptable para el agua potable es de 6.5-8.5, por lo que para utilizar el agua de este lago para el uso de consumo humano se requiere dar tratamiento adecuado o desinfectar.

(4) Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica oscila entre 1,652 y 1,679 $\mu\text{S}/\text{cm}$, excediendo sustancialmente el valor recomendado por NTON 09-003-99 de 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

(5) Partículas suspendidas (SS)

Las partículas suspendidas oscilan entre 58 y 108 mg/l, con máximos registrados en las capas superficial e inferior en el Punto 2 (Frente a PTAR) con 91 mg/l y 108 mg/l, respectivamente. Se considera que es consecuencia del efluente descargado de la planta de tratamiento de aguas residuales.

(6) Cloro residual

El nivel de cloro residual detectado oscila entre 0.24 y 0.39 mg/l, en el Punto 3 (capa superficial) y en el Punto 2 (capa inferior), respectivamente. Se considera que es influencia del vertido de efluentes tratados con cloro en la planta de tratamiento de aguas residuales y debido al aumento del consumo de cloro en los hogares, establecimientos comerciales, etc. alrededor del Lago, debido a la propagación de COVID-19.

(7) Demanda química de oxígeno (DQO)

La DQO detectada oscila entre 38.99 y 51.69 mg/l. Si bien es cierto que NTON 09-003-99

no establece un valor estándar, si se toma como referencia los siguientes valores determinados por la Gerencia de Calidad de Agua de México, solo en el Punto 1 (capa intermedia) se detectó un nivel por debajo de 40 mg/l, mientras que en los demás puntos, los valores exceden las normas, clasificándose, por lo tanto, en el "agua contaminada". De acuerdo con los resultados del presente Estudio, para utilizar como agua potable, se requiere dar tratamiento especial, desinfectar, etc. para reducir el nivel de DQO.

Tabla 4.8.1 Descripción del Proyecto

COD<10 mg/l	COD<10 mg/l	: Muy buena calidad
10>COD<20 mg/l		: Buena calidad
20>COD<40 mg/l		: Tolerable
40>COD<200 mg/l		: Contaminada
COD>200 mg/l		: Muy contaminada

Fuente: Conagua, Semarnat. (2014) Estadísticas del agua en México. Gerencia de Calidad del Agua

(8) Turbiedad

El nivel de turbiedad oscila entre 16.75 y 21.35 NTU. El valor mínimo se detectó en la capa intermedia (9 m) y el valor máximo en la capa inferior (16 m). Los valores detectados exceden el estándar establecido por NTON 09-003-99 de 5 NTU, además que se encuentra en el rango de 10-250 NTU, el agua requiere de tratamientos como la filtración, desinfección, etc.

(9) Sólidos disueltos totales (TDS)

El nivel de TDS oscila entre 973 mg/l y 1,020 mg/l, con un mínimo en la capa inferior (16 m) y máximo en la capa superficial (0 m). El valor detectado en la capa inferior, supera ligeramente el estándar establecido por NTON 09-003-99 de 1,000 mg/l.

(10) Sodio (Na), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg)

Se detectaron los niveles de sodio (Sodium, Na) de entre 294.56 y 301.97 mg/l, en la capa inferior y en la capa superficial, respectivamente. Estos valores superan el estándar establecido por NTON 09-003-99 de 200 mg/l.

- Se detectaron los niveles de potasio (Potassium, K) de entre 25.65 y 26.48 mg/l, en la capa intermedia y en la capa inferior, respectivamente. Estos valores superan el estándar establecido por NTON 09-003-99 de 10 mg/l. La Guía para la Calidad del Agua Potable de la OMS (4ª edición, 2011) no establece un valor directriz porque la "concentración en el agua potable es mucho más bajo que la concentración que pueda afectar la salud humana.
- Se detectaron los niveles de calcio (Ca) de entre 23.81 y 25.39 mg/l, en la capa superficial y en la capa inferior, respectivamente. Estos valores están por debajo del estándar establecido por NTON 09-003-99 de 100 mg/l.

- Se detectaron los niveles de magnesio (Mg) de entre 22.61 y 23.58 mg/l, en la capa inferior y en la capa superficial, respectivamente. Estos valores están por debajo del estándar establecido por NTON 09-003-99 de 50 mg/l.

(11) Bicarbonatos (HCO_3^-), cloruro (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-})

- Se detectaron los niveles de bicarbonato (Bicarbonate, HCO_3^-) de entre 439.34 y 445.45 mg/l, en las capas superficial, intermedia e inferior. NTON09-003-99 no establece un valor estándar para este parámetro.
- Se detectaron los niveles de cloruro (Chloride, Cl^-) de entre 199.1 y 200.05 mg/l, en la capa superficial y en la capa intermedia, respectivamente. Estos valores están por debajo del estándar establecido por NTON 09-003-99 de 250 mg/l.
- Se detectaron los niveles de Sulfato (Sulfate, SO_4^{2-}) de entre 109.91 y 110.68 mg/l, en la capa intermedia y en la capa superficial, respectivamente. Estos valores están por debajo del estándar establecido por NTON 09-003-99 de 250 mg/l.

(12) Dureza total

Se detectó la dureza total de 156.42 mg/l en todas las profundidades, que es inferior al valor estándar establecido por NTON 09-003-99 de 400 mg/l.

(13) Hierro (Fe) y flúor (F)

- Se detectaron niveles de hierro de entre 1.06 y 1.28 mg/l, en la capa superficial y en la capa inferior, respectivamente. Estos valores superan el estándar establecido por NTON 09-003-99 de 0.3 mg/l.
- Se detectaron los niveles de flúor (Fluoride) de entre 0.29 y 0.43 mg/l, en la capa superficial y en la capa intermedia, respectivamente. Estos valores están por debajo del rango máximo permisible de 0.7-1.5 mg/l establecido por NTON 09-003-99, por lo que se recomienda agregar flúor.

(14) Amonio ($\text{NH}_3\text{-N}$), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-)

- Se detectaron niveles de amonio (Ammonical Nitrogen, $\text{NH}_3\text{-N}$) de entre 0.027 y 0.038 mg/l, en la capa inferior y en la la capa intermedia, respectivamente. Estos valores están por debajo del estándar establecido por NTON 09-003-99 de 0.5 mg/l.
- No se detectó nitrito (Nitrite, NO_2^-) en todas las profundidades, siendo el límite mínimo de determinación de 0.023 mg/l.
- No se detectó nitrato (Nitrate, NO_3^-) en todas las profundidades, siendo mínimo de determinación de 0.25 mg/l.

(15) Cianógeno (CN⁻)

No se detectó cianógeno (C, CN⁻) en todas las profundidades, siendo el límite mínimo de determinación de 0.03 mg/l.

(16) Ácido sulfhídrico (H₂S)

No se detectó el ácido sulfhídrico (Hydrogen Sulfide, H₂S) en todas las profundidades, siendo el límite mínimo de determinación de 0.04 mg/l.

(17) Coliforme Total, coliformes fecales

- Se detectaron niveles de Coliformes Totales de entre 33 y 350,000 NMP/100 ml en los tres puntos, en el Pto 1 (capa superficial) y en el Pto 2 (capa superficial), respectivamente.
- Se detectaron niveles de Coliformes fecales de entre menos de 1.8 y 350,000 NMP/100 ml en los tres puntos, en el Pto 1 (capa superficial) y en el Pto 2 (capa superficial), respectivamente.

(18) Metales pesados

- No se detectaron concentraciones de antimonio (Antimony, Sb), cadmio (Cadmium, Cd), cobre (Copper, Cu), cromo (Chrome, Cr), Níquel (Nickel, Ni), plomo (Lead, Pb), selenio (Selenium, Se) en todas las profundidades, siendo sus valores inferiores al límite mínimo de determinación.
- Se detectaron los niveles de aluminio (Aluminium, Al) de entre 1.164 y 25.39 µg/l, en la capa superficial y en la capa inferior, respectivamente. Estos valores superan el estándar establecido por NTON 09-003-99 de 200 µg/l.
- Se detectaron niveles de arsénico (Arsenic, As) de 22.0 µg/l en todas las profundidades. Estos valores superan el estándar establecido por NTON 09-003-99 de 10,0 µg/l.
- Se detectaron niveles de manganeso (Manganese, Mn) de entre 26.0 y 31.0 µg/l, en las capas superficial, intermedia e inferior, respectivamente. Si bien es cierto que NTON 09-003-99 no establece un valor estándar, "CAPRE, 1994" establece el valor máximo permisible de 500.0 µg/l y el valor detectado en el presente Estudio ha sido inferior a este estándar.
- Se detectaron niveles de zinc (Zinc, Zn) de entre 6.0 y 13.0 mg/l, en la capa intermedia y en la capa inferior, respectivamente. Estos valores están por debajo del estándar establecido por NTON 09-003-99 de 3,000.0 µg/l.

(19) Mercurio, mercurioalquílico

Se realizó el estudio en los tres puntos y para todas las profundidades.

- No se detectó mercurio (Mercury, Hg) y su nivel está por debajo del límite mínimo de determinación.
- No se detectó mercurioalquílico (Alkylmercury) en ninguna de las muestras siendo su concentración inferior al límite mínimo de determinación.

[Conclusiones]

- Los resultados del análisis de los parámetros fisicoquímicos, sugieren que si se quiere utilizar el Lago de Managua como fuente de agua potable, es necesario realizar una serie de tratamiento convencional de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y cloración.
- En cuanto a los metales, se requiere eliminar el arsénico, lo que encarecería el costo unitario de tratamiento.

[APÉNDICE]

A1. Miembros del Equipo de Estudio

(1) Primer Estudio

Nombre	Responsabilidad	Pertenece a
Sr. YOKOTA Yoshiaki	Líder del Equipo	Asesor Especialista Departamento de Medio Ambiente Global de la JICA
Sr. HYAKUKAN Yuto	Plan de Cooperación	Grupo de Recursos Hídricos del Departamento de Medio Ambiente Global de la JICA
Sr. HADA Satoru	Consultor Principal / Plan de abastecimiento 1 / Gestión de ANF	CTI Engineering International Co., Ltd.
Sr. KONNO Hideki	Subconsultor Principal / Plan de abastecimiento 2	CTI Engineering International Co., Ltd.
Sr. MATSUMOTO Yuichi	Instalaciones de tubería y distribución	Nihon Suido Consultants Co., Ltd.
Sr. YAGI Masao	Eficiencia eléctrica/ energética	Nihon Suido Consultants Co., Ltd.
Sr. SATO Shuji	Máquinas/Equipos	CTI Engineering International Co., Ltd.
Sr. UEMATSU Masao	Hidrogeología	Earth System Science Co., Ltd.
Sr. KIHARA Shigeki	Simulación de agua subterránea	Earth System Science Co., Ltd. (refuerzo)
Sr. MATSUO Naoki	Plan de adquisiciones / Estimación de costos	CTI Engineering International Co., Ltd.

(2) Discusión sobre el diseño Preliminar (borrador) (Reunion Telemática)

Nombre	Responsabilidad	Pertenece a
Sr. YOKOTA Yoshiaki	Líder del Equipo	Asesor Especialista Departamento de Medio Ambiente Global de la JICA
Sr. HYAKUKAN Yuto	Plan de Cooperación	Grupo de Recursos Hídricos del Departamento de Medio Ambiente Global de la JICA
Sr. HADA Satoru	Consultor Principal / Plan de abastecimiento 1 / Gestión de ANF	CTI Engineering International Co., Ltd.
Sr. KONNO Hideki	Subconsultor Principal / Plan de abastecimiento 2	CTI Engineering International Co., Ltd.
Sr. MATSUMOTO Yuichi	Instalaciones de tubería y distribución	Nihon Suido Consultants Co., Ltd.
Sr. YAGI Masao	Eficiencia eléctrica/ energética	Nihon Suido Consultants Co., Ltd.
Sr. SATO Shuji	Máquinas/Equipos	CTI Engineering International Co., Ltd.

(3) Segunda Estudio (Capacitación en Simulación de Agua Subterránea)

Nombre	Responsabilidad	Pertenece a
Sr. HADA Satoru	Consultor Principal / Plan de abastecimiento 1 / Gestión de ANF	CTI Engineering International Co., Ltd.
Sr. KIHARA Shigeki	Simulación de agua subterránea	Earth System Science Co., Ltd. (refuerzo)

A2. Cronograma del Estudio

(1) Primer Estudio

Fecha	Día	Líder del Equipo	Plan de Cooperación	Líder del Equipo/ Plan de Abastecimiento 1/ Gestión de ANF	Sublíder del Equipo/ Plan de Abastecimiento 2	Tuberías/ Instalaciones de Distribución	Eficiencia Eléctrica/ Energía	Máquinas/ Equipos	Plan de Adquisiciones/ Estimación de Costos	Hidrogeología	Simulación de Agua Subterránea
2021/4/19	Lun.	YOKOTA Yoshiaki	HYAKUKAN Yuto	IHADA Satoru Tokyo→ →Llegada a Managua	KONNO Hideki	MATSUMOTO Yutshi	YAGI Masao Tokyo→ →Llegada a Managua	SATO Shuji	MATSUO Naoki	UEMATSU Masao	KIYARA Shigeki
2021/4/20	Mar.			Reunión con JICA y ENACAL							
2021/4/21	Mié.			Estudio de sitio en el Puente acueducto y el Sistema de transmisión Managua 1		Reunión con la Oficina de JICA y ENACAL (consulta inicial)					
2021/4/22	Jue.					Estudio sobre estaciones de bombeo existentes					
2021/4/23	Vie.					Estudio para realizar un taller de equipos y sistemas					
2021/4/24	Sáb.										
2021/4/25	Dom.			Organización de datos y documentos recopilados	Salida de Nom Pen	Organización de datos y documentos recopilados					
2021/4/26	Lun.			Reunión con ENACAL	→Llegada a Managua	Estudio sobre inversores		Estudio sobre inversores			
2021/4/27	Mar.			Reunión con otros donantes de los proyectos de desarrollo							
2021/4/28	Mié.										
2021/4/29	Jue.			Estudio sobre Puente acueducto, acueductos de transmisión Managua 1 y reservorios			Estudio sobre inversores	Estudio sobre bombas de transmisión y distribución y para realizar un taller de equipos y sistemas			
2021/4/30	Vie.										
2021/5/1	Sáb.										
2021/5/2	Dom.										
2021/5/3	Lun.										
2021/5/4	Mar.			Estudio sobre Puente acueducto, acueductos de transmisión Managua 1, reservorios, inversores, bombas de transmisión y distribución y para realizar un taller de equipos y sistemas			Estudio sobre inversores, bombas de transmisión y distribución, y para realizar un taller de equipos y sistemas	Estudio sobre tuberías de transmisión y distribución, bombas, inversores y para realizar un taller de equipos y sistemas			
2021/5/5	Mié.										
2021/5/6	Jue.										
2021/5/7	Vie.										
2021/5/8	Sáb.										
2021/5/9	Dom.										
2021/5/10	Lun.									Tokyo→	
2021/5/11	Mar.									→Managua	
2021/5/12	Mié.			Reunión con ENACAL y reunión interna del Equipo							
2021/5/13	Jue.			Vista de sitios, Reunión para seleccionar equipos a adquirir (lado japonés)							
2021/5/14	Vie.			Discusión sobre actas, Organización de documentos y datos recopilados	Organización y análisis de documentos recopilados para seleccionar equipos a adquirir y reunión interna del Equipo						Recopilación bibliográfica para crear un modelo de agua subterránea y preparación para una nueva contratación de trabajo para análisis (calidad de agua y nivel del agua subterránea)
2021/5/15	Sáb.				Organización de documentos y datos recopilados						
2021/5/16	Dom.			Organización de documentos y datos recopilados							Organización de documentos y datos recopilados

A2. Cronograma del Estudio

Fecha	Día	Líder del Equipo	Plan de Cooperación	Líder del Equipo/ Plan de Abastecimiento 1/ Gestión de ANF	Sublíder del Equipo/ Plan de Abastecimiento 2	Tuberías/ Instalaciones de Distribución	Eficiencia Eléctrica/ Energía	Máquinas/ Equipos	Plan de Adquisiciones/ Estimación de Costos	Hidrogeología	Simulación de Agua Subterránea
2021/5/17	Lun.	YOKOTA Yoshiaki	Discusión sobre Actus. (Firma)	HADA Satoru	KONNO Hideo	MAITSUMOTO Yuichi	YAGI Masao	SATO Shuji	MAITSUO Naoki	UEMATSU Masao	KIHARA Shigeki
2021/5/18	Mar.	Informe a la Embajada y JICA			Estudio detallado sobre reservorios			Traslado			
2021/5/19	Mié.	Salida de Managua		Estudio sobre sistema organizacional de ENACAL, presupuesto y sistema de operación y mantenimiento	Salida de Managua	Estudio detallado sobre acueductos de transmisión n, reservorios y bombas de transmisión y distribución	Estudio detallado en los pozos donde se instalarán inversores	Llegada a Tokio	Estudio sobre sistema de construcción de construcciones, agencias y ENACAL	Recopilación bibliográfica para crear un modelo de agua subterránea, reunión con las instituciones relacionadas, gestión de avances de la nueva contratación de trabajo para análisis (calidad de agua y nivel del agua subterránea)	
2021/5/20	Jue.	Traslado			Traslado						
2021/5/21	Vié.	Llegada a Tokio			Llegada a Nom Pen						
2021/5/22	Sáb.										
2021/5/23	Dom.			Organización de documentos y datos recopilados		Organización de documentos y datos recopilados			Organización de documentos y datos recopilados		
2021/5/24	Lun.										
2021/5/25	Mar.			Estudio detallado sobre acueductos de transmisión n, reservorios y bombas de transmisión y distribución		Estudio detallado sobre acueductos de transmisión n, reservorios y bombas de transmisión y distribución	Estudio detallado en los pozos donde se instalarán inversores		Estudio sobre límites de exoneración, situación del transporte y límites aduaneros	Recopilación bibliográfica para crear un modelo de agua subterránea, reunión con las instituciones relacionadas, gestión de avances de la nueva contratación de trabajo para análisis (calidad de agua y nivel del agua subterránea)	
2021/5/26	Mié.										
2021/5/27	Jue.										
2021/5/28	Vié.										
2021/5/29	Sáb.			Organización de documentos y datos recopilados		Organización de documentos y datos recopilados	Salida de Managua		Organización de documentos y datos recopilados		
2021/5/30	Dom.										
2021/5/31	Lun.			Presentación de los resultados del estudio a ENACAL	Presentación de los resultados del estudio a ENACAL	Presentación de los resultados del estudio a ENACAL	Traslado		Estudio de precios de adquisición local y precios de productos del tercer país	Recopilación bibliográfica para crear un modelo de agua subterránea, gestión de avances de la nueva contratación de trabajo para análisis (calidad de agua y nivel del agua subterránea)	
2021/6/1	Mar.										
2021/6/2	Mié.			Presentación de los resultados del estudio a JICA y la Embajada	Presentación de los resultados del estudio a JICA y la Embajada	Presentación de los resultados del estudio a JICA y la Embajada					
2021/6/3	Jue.			Salida de Managua	Salida de Managua	Salida de Managua					
2021/6/4	Vié.			Traslado	Traslado	Traslado			Presentación de los resultados del estudio a ENACAL		
2021/6/5	Sáb.			Llegada a Tokio	Llegada a Tokio	Llegada a Tokio			Organización de documentos y datos recopilados		
2021/6/6	Dom.										
2021/6/7	Lun.										
2021/6/8	Mar.									Salida de Managua	
2021/6/9	Mié.									Traslado	
										Llegada a Tokio	

(2) Segunda Estudio (Capacitación en Simulación de Agua Subterránea)

Fecha	Día	Líder del Equipo/ Plan de Abastecimiento 1/ Gestión de ANF	Simulación de Agua Subterránea
		HADA Satoru	KIHARA Shigeki
2022/1/10	Lun.	Tokyo→	
2022/1/11	Mar.	→Llegada a Managua	
2022/1/12	Mié.	Reunión con JICA y ENACAL	
2022/1/13	Jue.	Preparación de la capacitación	
2022/1/14	Vie.	Simulación de aguas subterráneas (primer día de capacitación)	
2022/1/15	Sáb.	Preparación de la capacitación	
2022/1/16	Dom.	Organización de datos y documentos recopilados	
2022/1/17	Lun.	Simulación de aguas subterráneas (segundo día de capacitación)	
2022/1/18	Mar.	Simulación de aguas subterráneas (tercer día de capacitación)	
2022/1/19	Mié.	Simulación de aguas subterráneas (cuarto día de capacitación)	
2022/1/20	Jue.	Seminario de simulación de aguas subterráneas	
2022/1/21	Vie.	Reunión con ENACAL, Prueba de PCR	
2022/1/22	Sáb.	Salida de Managua	
2022/1/23	Dom.	Traslado	
2022/1/24	Lun.	Llegada a Tokio	

A3. Lisa de Partes Interesadas en el País Beneficiario

Nombre	Posición	Pertenece a
<u>Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ENACAL)</u>		
Ervin Barrera R.	Presidente Ejecutivo	ENACAL
Jader Grillo	Gerente de Operaciones	ENACAL
Iván García Olivera	Director de Planificación	ENACAL
Junior Cardoza Mejía	Jefe de Departamento Agua No Facturada (PhisycalFísico)	ENACAL
Francisco Reyes Salas	Vice-Gerente de Operaciones	ENACAL
Perfecto Ramiro Sánchez	Jefe del Departamento de Energía	ENACAL
Ariel Rondón Mejía	Jefe del Departamento de Electromecánica	ENACAL
Arellis Váldez López	Jefe de Centro de Control Maestro - Acueducto de Managua	ENACAL
Amilcar Ramos Valle	Jefe Departamento de Hidrología	ENACAL
Benedicto Valdez	Hidrogeólogo	ENACAL
Carmen María Roa	Jefe de Departamento Agua No-Facturada (Comercial)	ENACAL
Juan Carlos Bermudez	Ingeniero asistente de ANF	ENACAL
Ivan Patricios	Ingeniero asistente de Electromecánica	ENACAL
Harold Monge	Técnico de Electromecánica	ENACAL
<u>Banco Interamericano de Desarrollo (IDB)</u>		
Nelson Mauricio Estrada	Especialista Sectorial Agua y Saneamiento	IDB
<u>Deutsche Gesellschaft fuer Internationale Zusammenarbeit (GIZ)</u>		
Gereon Hunger	Programa de Asistencia Técnica en Agua y Saneamiento	GIZ
<u>Autoridad Nacional del Agua (ANA)</u>		
Carlos Aguirre López	Director General de Recursos Hídricos	ANA
Enoc Castillo	Responsable Hidrogeología	ANA
Ervin Rueda	GIS	ANA
<u>Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)</u>		
Isolina Gutierrez	Servicio de datos meteorológicos	INETER
<u>Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA/UNAN)</u>		
Selvia Flores	Director	CIRA
Luis Moreno Delgado	Vice Director	CIRA
<u>JICANicaragua</u>		
Hajime Takasago	Representante	JICA Nicaragua
Akihiko Yamada	Representante Asistente	JICA Nicaragua
Ayumi Takebayashi	Asesora en Formulación de Proyectos	JICA Nicaragua
Omar Bonilla	Oficial de Programa	JICA Nicaragua
Pamela Quezada	Oficial de Administración	JICA Nicaragua

A4. Minuta de Discusiones (Selección de Equipos)

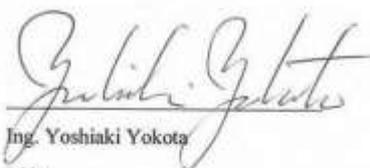
República de Nicaragua
Estudio Preparatorio del Proyecto para
Mejoramiento del Suministro de Agua en la Ciudad de Managua

Minuta de Discusiones

En respuesta a la solicitud del Gobierno de la República de Nicaragua (en adelante referido como "Nicaragua"), el Gobierno del Japón decidió realizar el Estudio Preparatorio del "Proyecto para Mejoramiento del Suministro de Agua en la Ciudad de Managua" (en adelante, "el Proyecto") y confió dicho estudio a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (en adelante, "JICA").

En consecuencia, JICA envió a la República de Nicaragua una Misión del Equipo del Estudio liderado por el Ingeniero Yoshiaki Yokota, y la Misión del Equipo del Estudio discutió con las autoridades concernientes de Nicaragua y realizó los estudios de campo en los sitios del Proyecto. En el proceso de discusiones, ambas partes han confirmado los asuntos descritos en los Anexos.

Managua, 17 de mayo de 2021



Ing. Yoshiaki Yokota

Líder

Equipo del Estudio Preparatorio

Agencia de Cooperación Internacional de Japón



Ing. Ervin Enrique Barreda Rodríguez

Presidente Ejecutivo

Empresa Nicaragüense de Acueductos y

Alcantarillados Sanitarios (ENACAL)

Documentos Anexos

1. Objetivos del Proyecto

El objetivo del Proyecto es equipar la Ciudad de Managua con los equipos y materiales necesarios para reducir los costos de operación y mantenimiento a través de la reducción de las fugas de agua, la mejora de la eficiencia energética y otras medidas con el fin de mejorar el servicio de suministro de agua y la situación financiera del organismo ejecutor.

2. Denominación del Proyecto

Ambas partes acordaron que la denominación del Proyecto será el "Proyecto para Mejoramiento del Suministro de Agua en la Ciudad de Managua".

3. Sitios del Proyecto

Los sitios del Proyectos se indican en el mapa de la Ciudad de Managua del Anexo 1.

4. Organismo ejecutor

El organismo ejecutor y las instituciones relacionadas al Proyecto son los siguientes.

Organismo ejecutor:	Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ENACAL)
Instituciones relacionadas:	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) y Autoridad Nacional del Agua (ANA)

El organigrama de ENACAL se muestra en el Anexo 2.

5. Equipos solicitados por parte de Nicaragua y resultados del Estudio de campo

En el Anexo 3, se muestran los equipos a adquirir propuestos por parte de Japón como resultado del análisis de la solicitud inicial por parte de Nicaragua y de su relevancia en el presente Estudio de campo. Ambas partes acordaron que los equipos adquiridos por el presente Proyecto serán los equipos propuestos por Japón de acuerdo a los resultados del Estudio de campo.

Asimismo, ambas partes confirmaron que el contenido final del Proyecto será decidido por parte de Japón.

6. Procedimientos y principios básicos del esquema del proyecto de Cooperación Financiera No Reembolsable del Japón

6-1. Nicaragua ha sido informada por la Misión del Equipo del Estudio sobre el esquema de Cooperación Financiera No Reembolsable del Japón como se describe en el Anexo 4 y



acordó que dicho esquema será aplicado al presente Proyecto.

6-2. Nicaragua acordó tomar las medidas necesarias descritas en el Anexo 5 a fin de obtener una buena ejecución del Proyecto.

7. Cronograma del Estudio Preparatorio

7-1. Los miembros consultores de la Misión del Equipo del Estudio continuarán el Primer estudio de campo en Managua hasta el 6 de junio del 2021.

7-2. Sobre la base de los resultados del Primer estudio de campo, se realizarán trabajos de diseño y estimación de costos en Japón a más tardar a finales de septiembre del 2021.

7-3. La Misión del Equipo del Estudio elaborará el Informe del Estudio Preparatorio (borrador) en español y enviará la próxima Misión a finales de octubre del 2021 para explicar su contenido a las autoridades de Nicaragua.

7-4. Una vez aprobado el Informe del Estudio Preparatorio (borrador) por parte de Nicaragua y aceptada la implementación del Proyecto, la Misión del Equipo del Estudio finalizará el Informe y enviará el Informe a Nicaragua alrededor de marzo del 2022.

8. Otros puntos de discusión

8-1. Facilidades que esperamos que nos brinde Nicaragua

- (1) Proporcionar datos, información y documentos necesarios para el estudio.
- (2) Responder el cuestionario entregado por el Equipo del Estudio.
- (3) Asignar a los funcionarios de ENACAL cuando el Equipo del Estudio ejecuta los siguientes trabajos durante su estadía en Nicaragua.
 - Coordinar reuniones y concertar citas con los ministerios y otras instituciones del gobierno, organismos, empresas y otras organizaciones necesarias para el estudio.
 - Acompañar al Equipo del Estudio en las visitas de campo y otros.
 - Proporcionar al Equipo del Estudio un espacio para oficina, de tamaño adecuado y ubicado en un lugar adecuado.
 - Brindar apoyo al Equipo del Estudio para que pueda obtener documento, datos e informaciones necesarias.
- (4) Garantizar que el Equipo del Estudio tenga permiso necesario para ingresar a las propiedades privadas y las áreas restringidas para cumplir con el estudio.
- (5) Tomar las medidas necesarias para garantizar la seguridad de los integrantes del Equipo del Estudio.
- (6) Cuando la misión del Equipo del Estudio lleve a Japón los mapas, datos y documentos relacionados con el estudio necesarios para el análisis y la elaboración de informes en Japón, si es necesario contar con el permiso del Gobierno de Nicaragua, obtener el permiso.

Y.Y.



- (7) Prestar equipos en posesión de ENACAL para el estudio del volumen de distribución y presión de agua que pretende realizar el Equipo del Estudio, incluyendo caudalímetros ultrasónicos, presiómetros, registrador de datos (Datalogger), etc.
- (8) Para realizar la capacitación en simulación de agua subterránea, proporcionar un lugar de capacitación, así como las computadoras necesarias.

8-2. Administración de seguridad y medidas de prevención para prevenir el contagio del coronavirus

Durante el Estudio Preparatorio y durante la implementación del Proyecto, Nicaragua tomará todas las medidas para garantizar la seguridad de las personas involucradas. Asimismo, tomará las medidas adecuadas para prevenir el contagio del coronavirus.

8-3. Asuntos a cargo del país receptor

La Misión del Equipo del Estudio explicó a Nicaragua que el presente Proyecto se implementa a través del esquema del proyecto de Cooperación Financiera No Reembolsable de Japón para donar equipos, por lo tanto, básicamente las obras necesarias, incluyendo garantizar espacios para instalar los equipos, preparación del terreno (obras civiles) donde se instalarán los reservorios, obras de instalación eléctrica para instalar las bombas de transmisión, obras de conexión con los equipos nuevos, obras de remoción de los equipos existentes, obtención de permisos necesarios para las obras de instalación, realización de la EIA (evaluación de impacto ambiental), traslado de energía y otras obras, estarán a cargo de Nicaragua. Nicaragua comprendió y acordó que asumirá las responsabilidades de realizar las obras secundarias. Asimismo, la demarcación exacta de las responsabilidades será consensuada en la Nota técnica al finalizar el Primer estudio de campo.

Por otro lado, Nicaragua acordó que finalizará las siguientes obras antes de la fecha límite establecida y que iniciará una adecuada operación y mantenimiento.

- Obras de reparación de fugas en el reservorio de Altamira (antes de finales de septiembre del 2021)
- Obras de reparación de tuberías en el reservorio de Seminario (antes de finales de noviembre del 2021)

8-4. Componentes no estructurales

La Misión del Equipo del Estudio explicó que el Proyecto incluye la capacitación en operación inicial de los equipos donados, etc. con el fin de brindar apoyo para una buena operación. Referente a la necesidad y el contenido del apoyo en componentes no estructurales, se revisará durante el Estudio Preparatorio.

8-5. Permiso de Libre de impuestos

Los impuestos que se generen durante la implementación del Proyecto incluyendo el IVA, los aranceles aduaneros y otros impuestos serán libres de impuestos, y Nicaragua será responsable de garantizar el permiso de libre de impuestos. Nicaragua deberá llevar a cabo todos los trámites necesarios para la exoneración.

8-6. Permisos y autorizaciones necesarias

Ambas partes acordaron que los permisos y autorizaciones necesarias en caso de la implementación del Proyecto (garantizar el terreno, consideraciones socioambientales, permiso de construcción, permiso de uso de las calles, solicitud de energía eléctrica, etc.) son responsabilidad de Nicaragua.

Los impuestos que se generen durante la implementación del Proyecto incluyendo el IVA, los aranceles aduaneros y otros impuestos serán libres de impuestos, y Nicaragua será responsable de garantizar el permiso de libre de impuestos. Nicaragua deberá llevar a cabo todos los trámites necesarios para la exoneración.

8-7. Confidencialidad del Proyecto

La Misión del Equipo del Estudio explicó que el Informe del Estudio Preparatorio que se elabora al final del Estudio Preparatorio será publicado, como regla general, al público en general en Japón. Sin embargo, el Equipo explicó que las partes confidenciales que podrían afectar el trabajo de licitación incluyendo los precios estimados no deberán ser públicas hasta que se finalice la licitación.

8-8. Publicidad del Proyecto

Nicaragua acordó que realizará publicidad de manera activa sobre el presente Proyecto y que se realizará activamente la campaña implementada por JICA "¡Todos juntos a lavarse las manos por la salud y la vida!".

8-9. Adición del firmante de la Minuta

Nicaragua acordó que agregará al Ministerio de Relaciones Exteriores de Nicaragua (MINREX) como firmante de la Minuta a partir del Segundo estudio de campo.

yh



Anexo 1: Sitios del Proyecto

Anexo 2: Organigrama de ENACAL

Anexo 3: Equipos solicitados y equipos a adquirir

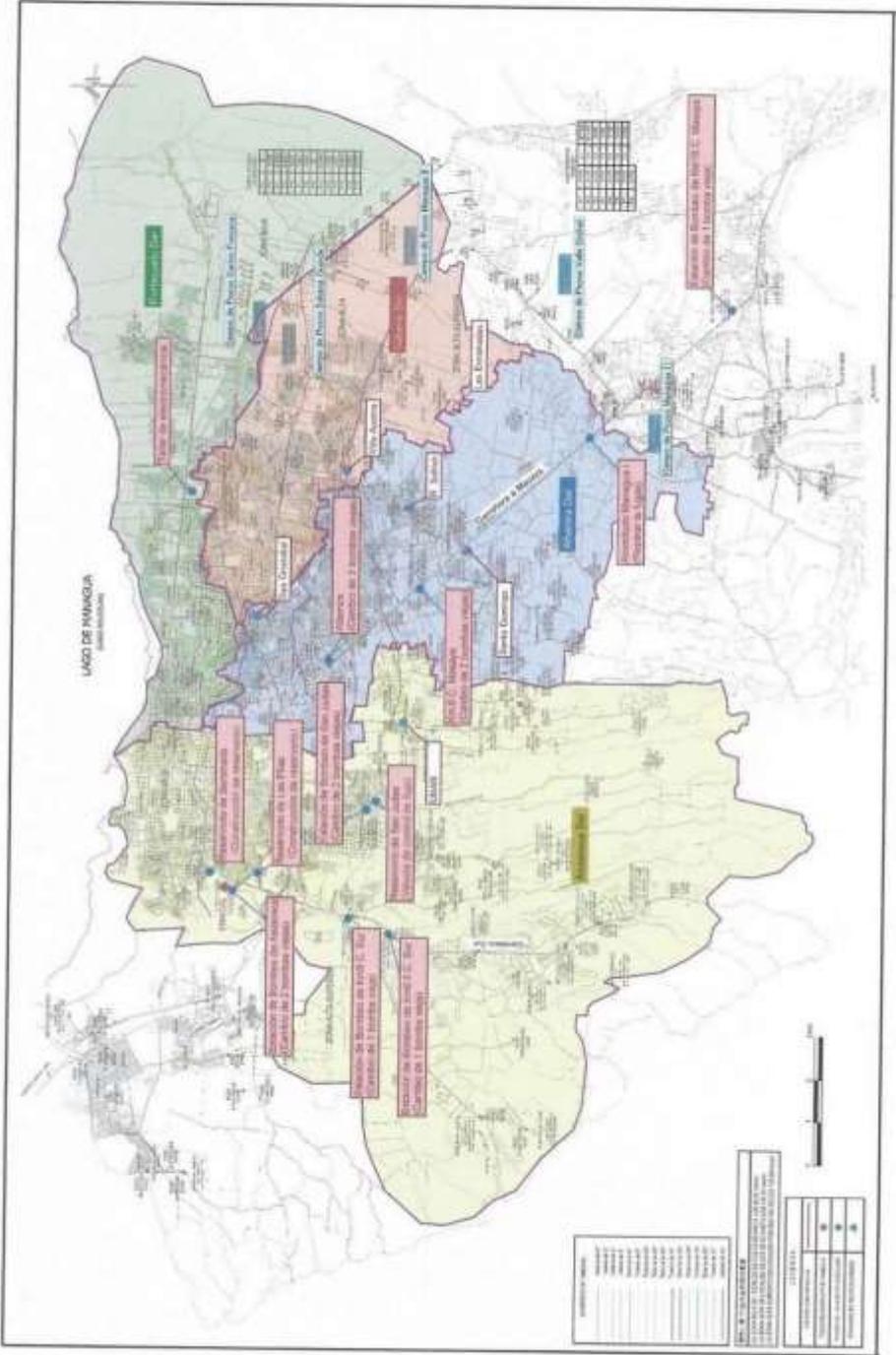
Anexo 4: Esquema de Cooperación Financiera No Reembolsable

Anexo 5: Responsabilidades de ambos países en el esquema de Cooperación Financiera No Reembolsable

Y.G.

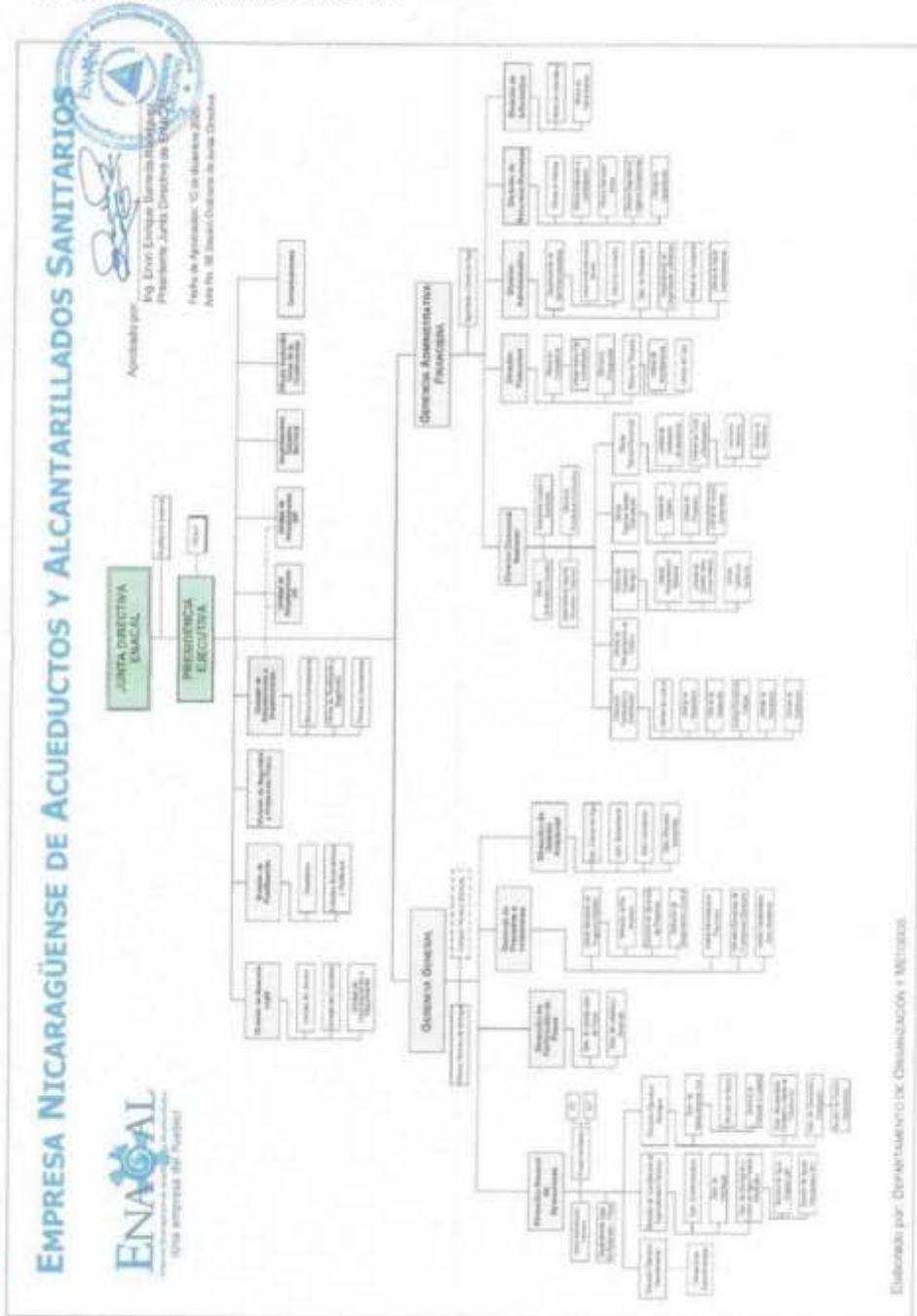


Anexo 1: Sitios del Proyecto



yy.

Anexo 2: Organigrama de ENACAL



J.C.R.

J.C.R.

ANEXO 3: Equipos solicitados y equipos a adquirir

Equipos solicitados por ENACAL		Equipos a adquirir según los resultados del estudio de campo		Cambios y sus razones	
Reservorios (Dentro de la estación de bombeo de Asosoca, dentro de la propiedad del Pozo Enramadas No.3)	2 lugares	Reservorios (macrosector Asosoca Alta, macrosector Asosoca Baja)	2 lugares	Ante la solicitud de cambiar los lugares para instalar, se analizó todo el sistema de distribución. Como resultado, cambiaron a los sitios considerados más efectivos para la gestión y operación.	
Equipos de reparación de fugas (Puente acueducto de Managua 1 donde hay fugas de agua)	1 lugar	Equipos de reparación de fugas (Puente acueducto donde hay fugas de agua)	3 unidades	Se determinó que es necesario reparar todas las 3 juntas donde posiblemente se producirán o volverán a producir fugas.	
Válvulas de control (Puente acueducto de Managua 1 donde hay fugas de agua)	2 unidades	-	-	Se eliminan porque se instalarán en el paso vehicular de la Carretera a Masaya que implicará una obra de gran magnitud con restricciones de tráfico.	
Remodelación del Taller de electromecánica	1 lugar	Remodelación del Taller de electromecánica (equipos de carga y descarga, equipos de mecanizado, equipos eléctricos y vehículos)	1 lugar	Dado que en este momento se están revisando los detalles de los equipos a adquirir, estos serán consensuados en la Nota técnica al finalizar el Primer estudio de campo.	
Inversores (Pozos directamente conectados con las redes de distribución)	30-50 lugares	Variadores (Los detalles de los lugares donde se instalarán variadores serán consensuados en la Nota técnica al finalizar el Primer estudio de campo)	25-35 lugares	-	
Bombas de transmisión de agua (Altamira, Asosoca y Km8 Carretera a Masaya)	8 unidades	Bombas de transmisión de agua (3 bombas en la Estación de bombeo de Altamira, 2 en Asosoca, 2 en Km8 Carretera a Masaya, 2 en San Judas, 1 en Km18 Carretera Masaya, 1 en Km8.5 Carretera Sur y 1 en Km9.5 Carretera Sur)	12 unidades	Ante la solicitud adicional, se analizaron de forma integral los resultados del estudio de campo, entrevistas a los operadores, confirmación del estado de funcionamiento de las bombas, mejora prevista de la función de suministro después de la instalación y otros factores. Como resultado, se determinó lo indicado en la columna izquierda.	

Handwritten signature

Handwritten signature

Valvulas de mariposa (Sistema de transmisión de Managua I)	10 lugares	Válvula de control de caudal (Reservorio San Judas)	1 lugar	Se consideró la respuesta de ENACAL con fondos propios y la operación de suministro como el aislamiento de los sistemas de distribución. Como resultado, se determinó lo indicado en la columna izquierda.
Valvulas reductoras de presión (Sistema de transmisión de Managua I)	8 lugares			
-	-	Equipos para contribuir a las actividades de reducción de ANF	1 juego	Continúa el desarrollo de la descentralización del plan de transferencia tecnológica en temas de ANF basado en los logros de Progestión, y se espera que se utilicen los equipos para estas actividades.

5.9

Anexo 4: Esquema de Cooperación Financiera No Reembolsable

DONACIÓN JAPONESA

La Donación Japonesa es un fondo no reembolsable provisto a un país receptor (en adelante se denominará "el Receptor") para adquirir los productos y/o servicios (servicios de ingeniería y transporte de productos, etc.) para su desarrollo económico y social en concordancia con las leyes y regulaciones relevantes de Japón. A continuación se mencionan los aspectos básicos de las donaciones para proyectos operados por JICA (en adelante se denominarán "Donaciones para Proyectos").

1. Procedimientos de las Donaciones para Proyectos

Las Donaciones para Proyectos se conducen a través de los siguientes procedimientos (véase "PROCEDIMIENTOS DE LA DONACIÓN JAPONESA" para más detalles):

(1) Preparación

- El Estudio Preparatorio (en adelante denominado "el Estudio") conducido por JICA

(2) Evaluación

- Evaluación por el Gobierno de Japón (en adelante denominado "GOJ") y JICA, y aprobación por el Gabinete japonés

(3) Implementación

Intercambio de Notas Reversales

- Las Notas intercambiadas entre el GOJ y el Gobierno del Receptor

Acuerdo de Donación (en adelante denominado "el A/D")

- El acuerdo firmado entre JICA y el Receptor

Convenio Bancario (en adelante denominado "el C/B")

- Apertura de una cuenta bancaria por el Receptor en un banco en Japón (en adelante denominado "el Banco") para recibir la donación

Trabajos de construcción/adquisiciones

- Implementación del proyecto (en adelante denominado "el Proyecto") sobre la base del A/D

(4) Seguimiento y evaluación posteriores

- Seguimiento y evaluación en la etapa posterior a la implementación

2. Estudio Preparatorio

(1) Contenido del Estudio



El objetivo del Estudio es proveer los documentos básicos necesarios para la evaluación del Proyecto realizados por el GOJ y JICA. El contenido del Estudio es como se indica a continuación:

- Confirmación del trasfondo, los objetivos, los beneficios del Proyecto y también la capacidad institucional necesaria para la implementación del Proyecto de las agencias relevantes del Receptor.
- Evaluación de la factibilidad del Proyecto a ser implementado bajo la Donación Japonesa desde los puntos de vista técnico, financiero, social y económico ambiental.
- Confirmación de los asuntos acordados entre ambas partes respecto al concepto básico del Proyecto.
- Preparación del Diseño Marco del Proyecto.
- Estimación de los costos del Proyecto.
- Confirmación de las consideraciones ambientales y sociales.

El contenido de la solicitud original del Receptor no es necesariamente aprobado en su forma inicial. El Diseño Marco del Proyecto se confirma según las directrices de la Donación Japonesa.

JICA solicita al Receptor que tome las medidas necesarias para alcanzar su autonomía en la implementación del Proyecto. Dichas medidas deben ser garantizadas a pesar de que caigan fuera de la jurisdicción de la agencia ejecutora del Proyecto. Por lo tanto, el contenido del Proyecto se conforma por todas las organizaciones relevantes del Receptor en base al Acta de Discusiones.

(2) Selección de los consultores

Para una implementación armoniosa del Estudio, JICA celebra contratos con una o varias consultoras. JICA selecciona la/las firma(s) en base a las propuestas presentadas por las consultoras interesadas.

(3) Resultado del Estudio

JICA examina el informe sobre los resultados del Estudio y recomienda al GOJ evaluar la implementación del Proyecto luego de confirmar la viabilidad del mismo.

3. Principios Básicos y Donaciones para Proyectos

(1) Etapa de implementación

1) El C/N y el A/D

Después de que el Proyecto sea aprobado por el Gabinete de Japón, se firmará el Canje de Notas (en adelante denominado "el C/N") entre el GOJ y el Gobierno del Receptor para

yy.



realizar un compromiso de asistencia, el cual será seguido por la firma del A/D entre JICA y el Receptor para definir los artículos necesarios para implementar el Proyecto, en concordancia con el C/N, tales como las condiciones del desembolso, las responsabilidades del Receptor, y las condiciones de las adquisiciones. Las cláusulas y condiciones generalmente aplicables a la Donación Japonesa están estipuladas en las "Cláusulas y Condiciones Generales para la Donación Japonesa (enero de 2016)".

- 2) Convenio Bancario (C/B) (véase el "Flujo Financiero de la Donación Japonesa (Tipo A/P)" para más detalles)
 - a) El Receptor, en principio deberá abrir una cuenta o hacer que la autoridad designada abra una cuenta bajo el nombre del Receptor en el Banco. JICA desembolsará la Donación Japonesa en yenes japoneses para el Receptor a fin de cubrir las obligaciones contraídas por el Receptor bajo los contratos verificados.
 - b) La Donación Japonesa se desembolsará cuando las solicitudes de pago sean presentadas por el Banco a JICA bajo una Autorización de Pago (A/P) emitida por el Receptor.
- 3) Procedimiento de adquisición
Los productos y/o servicios necesarios para la implementación del Proyecto deberán ser adquiridos en concordancia con las directrices de adquisición de JICA como se estipula en el A/D.
- 4) Selección de los consultores
Para mantener una consistencia técnica, la/las consultora(s) que haya/hayan realizado el Estudio será/serán recomendada(s) por JICA al Receptor para continuar los trabajos en la implementación del Proyecto después del C/N y el A/D.
- 5) País de origen elegible
Los países de origen elegibles para la adquisición de los productos y/o servicios utilizando la Donación Japonesa desembolsada por JICA, serán Japón y/o el Receptor. La Donación Japonesa será utilizada para la adquisición de los productos y/o servicios de un tercer país que será elegible si fuese necesario, teniendo en cuenta la calidad, la competitividad y la racionalidad económica de los productos y/o servicios necesarios para lograr el objetivo del Proyecto. Sin embargo, los contratistas principales, a saber, las firmas de construcción y adquisición, y la consultora principal, quienes firmarán contratos con el Receptor, en principio, se limitan a "nacionales japoneses".
- 6) Contratos y conformidad por parte de JICA
El Receptor firmará contratos con denominación de valores en yenes japoneses con nacionales japoneses. Dichos contratos tendrán la conformidad de JICA para ser verificados como elegibles para utilizar la Donación Japonesa.

Y.Y.



- 7) Seguimiento
Se requiere que el Receptor tome iniciativa propia para realizar un cuidadoso seguimiento del progreso del Proyecto a fin de asegurar su implementación armoniosa como parte de su responsabilidad en el A/D, e informar con frecuencia a JICA sobre su estado utilizando el Informe del Seguimiento del Proyecto (ISP).
 - 8) Medidas de seguridad
El Receptor debe aseverar que la seguridad sea respetada durante la implementación del Proyecto.
 - 9) Reunión de Control de Calidad de la Construcción
La Reunión de Control de Calidad de la Construcción (en adelante denominado "la Reunión") será celebrada para el aseguramiento de la calidad y una implementación armoniosa de los trabajos en cada etapa de los mismos. Los miembros de la Reunión se componen por el Receptor (o agencia ejecutora), el Consultor, el Contratista y JICA. Las funciones de la Reunión son las siguientes:
 - a) El Contratista comparte la información sobre el objetivo, el concepto y las condiciones del diseño, antes del comienzo de la construcción.
 - b) Se discutirán los asuntos que afectan los trabajos tales como la modificación del diseño, los test, las inspecciones y controles de seguridad y las obligaciones del Cliente durante la construcción.
- (2) Etapa de seguimiento y evaluación posteriores
- 1) Luego de la terminación del proyecto, JICA continuará manteniendo estrecho contacto con el Receptor para realizar un seguimiento relativo a que los productos del Proyecto se utilizan y mantienen adecuadamente para obtener los resultados esperados.
 - 2) En principio, JICA realizará una evaluación posterior del Proyecto después de tres años desde la terminación. Se requiere que el Receptor facilite cualquier información necesaria que JICA razonablemente solicite.
- (3) Otros
- 1) Consideraciones ambientales y sociales
El Receptor considerará cuidadosamente los impactos ambientales y sociales del Proyecto y debe cumplir con las regulaciones ambientales del Receptor y las Directrices de JICA para las Consideraciones Ambientales y Sociales (abril de 2010).
 - 2) Principales compromisos a tomar por el Gobierno del Receptor
Para una implementación armoniosa y adecuada del Proyecto, se requiere que el Receptor tome las medidas necesarias incluyendo la adquisición de terrenos, y se haga cargo de la Comisión por el aviso de la A/P y que las comisiones de pago se paguen al Banco como se

acordó con el GOJ y/o JICA. El Gobierno del Receptor asegurará que los derechos aduaneros, los impuestos internos y otras cargas fiscales que sean impuestas en el Receptor con respecto a la adquisición de los productos y/o servicios serán exentos o asumidos por su autoridad designada sin utilizar la Donación ni sus intereses acumulados, debido a que los fondos de la donación provienen de los contribuyentes japoneses.

3) Uso adecuado

Se requiere que el Receptor mantenga y utilice apropiada y efectivamente los productos y/o servicios bajo el Proyecto (incluyendo las instalaciones construidas y el equipo adquirido), asigne el personal necesario para esta operación, y mantenga y cargue con todos los gastos excepto los cubiertos por la Donación Japonesa.

4) Exportación y re-exportación

Los productos adquiridos bajo la Donación Japonesa no deben ser exportados o re-exportados por parte del Receptor.

yy



Anexo 5: Responsabilidades de ambos países en el esquema de Cooperación Financiera No Reembolsable

PROCEDIMIENTOS DE LA DONACIÓN JAPONESA

Etapa	Procedimientos	Observaciones	Gobierno receptor	Gobierno Japonés	JICA	Consultores	Contratistas	Banco Agente
Solicitud oficial	Solicitud de donaciones a través de medios diplomáticos	La solicitud debe ser presentada antes de la etapa de evaluación.	X	X				
1. Preparación	(1) Estudio Preparatorio Preparación del Diseño Marco y costos estimados		X		X	X		
	(2) Estudio Preparatorio Explicación del Diseño Marco borrador, incluyendo costos estimados, compromisos, etc.		X		X	X		
2. Evaluación	(3) Acuerdo de las condiciones para la implementación	Las condiciones se explicarán con los borradores del Canje de Notas (C/N) y del Acuerdo de Donación (A/D) que serán firmados antes de la aprobación por el Gobierno japonés.	X	X (C/N)	X (A/D)			
	(4) Aprobación por el Gabinete japonés			X				
3. Implementación	(5) Canje de Notas (C/N)		X	X				
	(6) Firma del Acuerdo de Donación (A/D)		X		X			
	(7) Convenio Bancario (CB)	Se necesita informar a JICA.	X					X
	(8) Contrato con el Consultor y emisión de la Autorización de Pago (A/P)	Se requiere la conformidad de JICA.	X			X		X
	(9) Diseño Detallado (D/D)		X			X		
	(10) Preparación de los documentos de licitación	Se requiere la conformidad de JICA.	X			X		
	(11) Licitación	Se requiere la conformidad de JICA.	X			X	X	
	(12) Contrato con el Contratista/Proveedor y emisión de la A/P	Se requiere la conformidad de JICA.	X					X
	(13) Trabajos de construcción/adquisiciones	Se requiere la conformidad de JICA para más modificaciones del diseño y correcciones de los contratos.	X			X	X	
	(14) Certificado de terminación		X			X	X	
4. Seguimiento y evaluación posteriores	(15) Seguimiento posterior	Generalmente, a ser implementado después de 1, 3, 10 años de la terminación. Sujeto a cambios.	X		X			
	(16) Evaluación posterior	Básicamente, a ser implementado después de 3 años de la terminación.	X		X			

Notas:

1. Se debe presentar a JICA el Informe de Seguimiento del Proyecto y el Informe sobre la Terminación del Proyecto como se acordó en el A/D.
2. Se requiere la conformidad de JICA para la asignación de la donación para montos remanentes y/o contingencias como se acordó en el A/D.

A4. Minuta de Discusiones (Discusión sobre el diseño Preliminar (borrador))

**MINUTA DE DISCUSIONES SOBRE
EL ESTUDIO PREPARATORIO DEL “PROYECTO PARA
MEJORAMIENTO DEL SUMINISTRO DE AGUA EN LA CIUDAD DE MANAGUA”
ENTRE
EL GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE NICARAGUA
Y
LA AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON**

De acuerdo con la Minuta de Discusiones firmada el 17 de mayo de 2021 entre la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (en adelante “ENACAL”) y la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (en adelante “JICA”) y en respuesta a la solicitud del Gobierno de la República de Nicaragua (en adelante “Nicaragua”), JICA y las autoridades nicaragüenses respectivas (en adelante “la parte nicaragüense”) han sostenido una serie de reuniones telemáticas para confirmar el contenido del borrador del Informe del Estudio Preparatorio del “Proyecto para Mejoramiento del Suministro de Agua en la Ciudad de Managua” (en adelante “el Proyecto”).

Como resultado de las discusiones, ambas partes han acordado los términos principales descritos en los documentos anexos.

Managua, 19 de noviembre de 2021




Sr. Hajime Takasago
Representante
JICA Nicaragua




Sra. Arlette Cristina Martínez Mesa
Vice-Ministra General
Ministerio de Relaciones Exteriores
Republica de Nicaragua




Sr. Ervin Enrique Barreda Rodríguez
Presidente Ejecutivo
Empresa Nicaragüense de Acueductos y
Alcantarillados Sanitarios
Republica de Nicaragua

Documentos anexos

1. Objetivo del Proyecto

El objetivo del Proyecto es mejorar la eficiencia del suministro de agua y el estado financiero del organismo ejecutor, mediante la dotación de los equipos y materiales necesarios, incluyendo un reservorio de agua prefabricado, para la reducción de fugas de agua y la optimización de la eficiencia energética, con el fin de contribuir al mejoramiento del servicio de abastecimiento de agua, del entorno de vida y de saneamiento de los residentes del área de intervención del presente Proyecto en la ciudad de Managua.

2. Nombre del Proyecto

Ambas partes han acordado que el título del Proyecto será el "Proyecto para Mejoramiento del Suministro de Agua en la Ciudad de Managua".

3. Sitio del Proyecto

Ambas partes han acordado que el sitio del Proyecto estará ubicado en la ciudad de Managua, como se muestra en el Anexo 1.

4. Organismo ejecutor

El organismo ejecutor y las instituciones relacionadas con el Proyecto son los siguientes:

Organismo ejecutor:	Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ENACAL)
Instituciones relacionadas:	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), Autoridad Nacional del Agua (ANA), Ministerio de Hacienda y Crédito Público (MHCP) y Ministerio de Relaciones Exteriores (MINREX)

El organigrama de ENACAL se muestra en el Anexo 2.

5. Contenido del Informe del Estudio Preparatorio (borrador)

La parte nicaragüense ha aceptado la explicación del contenido del Informe del Estudio Preparatorio por parte del Equipo del Estudio. En base a los puntos confirmados, JICA finalizará el Informe del Estudio Preparatorio. El Informe será enviado a la parte nicaragüense en marzo de 2022.

6. Montos aproximados

La parte nicaragüense ha acordado que los montos explicados por el Equipo del Estudio, incluidos los costos preliminares, son tentativos y serán examinados más a fondo para la



aprobación del Gobierno de Japón. Los costos preliminares se refieren a los gastos adicionales por desastres y condiciones naturales imprevistas.

7. Confidencialidad de los montos y las especificaciones técnicas
La parte nicaragüense ha acordado que los montos y las especificaciones técnicas del Proyecto no se revelarán a ningún tercero hasta que se hayan firmado todos los contratos del Proyecto.
8. Procedimientos y principios básicos de la Cooperación Financiera No Reembolsable de Japón
La parte nicaragüense ha entendido el esquema de la donación japonesa explicado por el Equipo del Estudio, tal como se describe en el Anexo 4, y ha acordado que dicho esquema será aplicado al presente Proyecto. La parte nicaragüense también se ha comprometido a tomar las medidas necesarias descritas en el Anexo 6 para una buena ejecución del Proyecto.
9. Equipos de adquisición
En base a los equipos solicitados por Nicaragua y los resultados del estudio de campo realizado por el Equipo del Estudio, la parte japonesa JICA propone adquirir los equipos que se muestran en el Anexo 3. Ambas partes han acordado que los equipos propuestos por la parte japonesa, basados en los resultados del estudio de campo, serían los que se adquirirían para el Proyecto.
10. Calendario de ejecución del Proyecto
El Equipo del Estudio ha explicado a la parte nicaragüense que el cronograma del Proyecto es el que está descrito en el Anexo 5.
11. Resultados esperados e indicadores
Ambas partes han acordado que los indicadores clave de los resultados esperados son los siguientes. La parte nicaragüense será responsable de lograr los indicadores clave en 2027, tres años después de la finalización del Proyecto, y hará seguimiento del estado de avance para la evaluación ex-post basada en dichos indicadores.

【Indicadores cuantitativos】

Indicadores	Valor de referencia (2020)	Valor meta (2027) 【3 años después de finalizar el Proyecto】
Reducción de ANF en la Ciudad de Managua (m ³)	1,471,172 ¹	10,896,275 ²
Consumo de energía eléctrica por unidad de agua producción (kWh/m ³)	0.80 ³	0.77
Tiempo medio de suministro de agua en el sistema del nuevo reservorio (horas/día)	9	17

【Indicador cualitativo】

Se mejorarán los servicios de suministro de agua y el entorno sanitario en la ciudad de Managua, mediante el aumento del tiempo de suministro de agua y la optimización de la presión de agua.

12. Evaluación ex-post

En principio, JICA llevará a cabo una evaluación ex-post con cinco criterios (relevancia, efectividad, eficiencia, impacto y sostenibilidad), tres años después de la finalización del Proyecto. Los resultados de la evaluación se harán públicos y se requiere que la parte nicaragüense brinde el apoyo necesario para la recolección de datos.

13. Componentes no estructurales

Con vistas a una gestión sostenible de operación y mantenimiento de los productos y servicios implementados en el marco del Proyecto, está prevista la siguiente asistencia técnica en el Proyecto. La parte nicaragüense ha confirmado que asignará el número requerido de personal adecuado y competente, de acuerdo con los objetivos de los componentes no estructurales descritos en el borrador del Informe del Estudio Preparatorio.

13-1 Fortalecimiento de capacidades de gestión de distribución de agua para los pozos con el variador instalado

El objetivo es fortalecer las capacidades de gestión de distribución de agua, como la medición de la presión y el caudal, el monitoreo y el uso de los resultados de la medición para el plan de distribución de agua, con el fin de hacer una eficiente gestión de distribución

¹ Valor de referencia: El volumen de ANF reducido de 2017 a 2020

² El volumen de ANF reducido de 2017 a 2027. La reducción por la implementación del presente Proyecto será de 5,992,369m³. Se evaluará, sin incluir el volumen reducido por las medidas tomadas por ENACAL de 4,903,906m³.

³ Consumo de energía 164,958,598kWh / Volumen de agua de producción 204,921,300m³

de agua y controlar de forma adecuada la rotación de la bomba en función de la presión terminal para los pozos con el variador instalado.

13-2 Fortalecimiento de capacidades de gestión de operación y mantenimiento de bombas de transmisión

El objetivo es operar y mantener de forma sostenible las bombas de transmisión, dando capacitación sobre los métodos de medición del caudal para identificar condiciones de funcionamiento de las bombas, así como los métodos de inspección y mantenimiento para la gestión de operación y mantenimiento.

14. Responsabilidades asumidas por la parte nicaragüense

Ambas partes han confirmado los asuntos a cargo de la parte nicaragüense del presente Proyecto descritos en el Anexo 6. Con respecto a la exoneración de los aranceles aduaneros, impuestos internos y otros gravámenes fiscales descritos en el Anexo 6 (el número correspondiente que describe exoneraciones en el Anexo), ambas partes han confirmado que dichos aranceles aduaneros, impuestos internos y otros recargos fiscales serán especificados por ENACAL en los documentos de licitación durante la fase de implementación del Proyecto.

La parte nicaragüense se ha comprometido a tomar las medidas necesarias y hacer las coordinaciones requeridas, incluyendo la asignación presupuestaria que es un requisito previo para la ejecución de este Proyecto.

También ha acordado que los montos presentados han sido calculados provisionalmente en la etapa del Diseño Marco. Los costos más precisos se calcularán en la fase del Diseño Detallado.

Igualmente, ambas partes han confirmado que se utilizará el Anexo 6 como un documento adjunto al Acuerdo de Donación (G/A).

De acuerdo con el Anexo 6, ambas partes han confirmado que ENACAL tomará las medidas necesarias, en cooperación con la policía y otras autoridades pertinentes, para garantizar y mantener la seguridad del sitio del Proyecto y de aquellos involucrados en la implementación del Proyecto.

15. Monitoreo durante la implementación del Proyecto

Este Proyecto será monitoreado por el organismo ejecutor y reportado a JICA, utilizando el formulario del Informe de Seguimiento del Proyecto (en adelante "PMR" por sus siglas en inglés) adjunto al Anexo 7. La presentación del informe PMR se describe en el Anexo 6.



16. Finalización del Proyecto

Ambas partes han confirmado que el Proyecto finalizará cuando se confirme que todos los materiales y equipos adquiridos e implementados por el presente Proyecto de donación están en funcionamiento. El organismo ejecutor informará a JICA de la finalización del Proyecto con prontitud y, en cualquier caso, dentro de los seis meses posteriores a la finalización del Proyecto.

17. Consideraciones ambientales y sociales

JICA ha explicado que se aplicarán a este Proyecto las "Directrices para las Consideraciones Ambientales y Sociales de JICA, abril de 2010" (en adelante "Directrices"). De acuerdo con este documento, este Proyecto está clasificado en la categoría "C", al considerar que el Proyecto da un impacto ambiental mínimo.

18. Otros

18-1. Uso eficaz de los recursos financieros generados por la reducción de costos

Ambas partes han confirmado que se reducirán los costos de operación y mantenimiento al disminuir las fugas de agua y el consumo eléctrico por la implementación de los equipos del Proyecto. Asimismo, la parte nicaragüense ha confirmado que la capacidad financiera generada será destinada eficazmente para mejorar la gestión de ENACAL y sus servicios de abastecimiento de agua.

18-2. Adaptación y mitigación del cambio climático

Ambas partes han confirmado que el suministro estable de agua mediante la reducción de fugas por la implementación de los equipos del Proyecto contribuye a la adaptación del cambio climático y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por el menor consumo eléctrico coadyuva a mitigar el cambio climático.

18-3. Incorporación de la perspectiva de género

Ambas partes han confirmado que se debe implementar adecuadamente la incorporación de la perspectiva de género en la ejecución del Proyecto. En concreto, han acordado incorporar los siguientes elementos a las actividades del Proyecto.

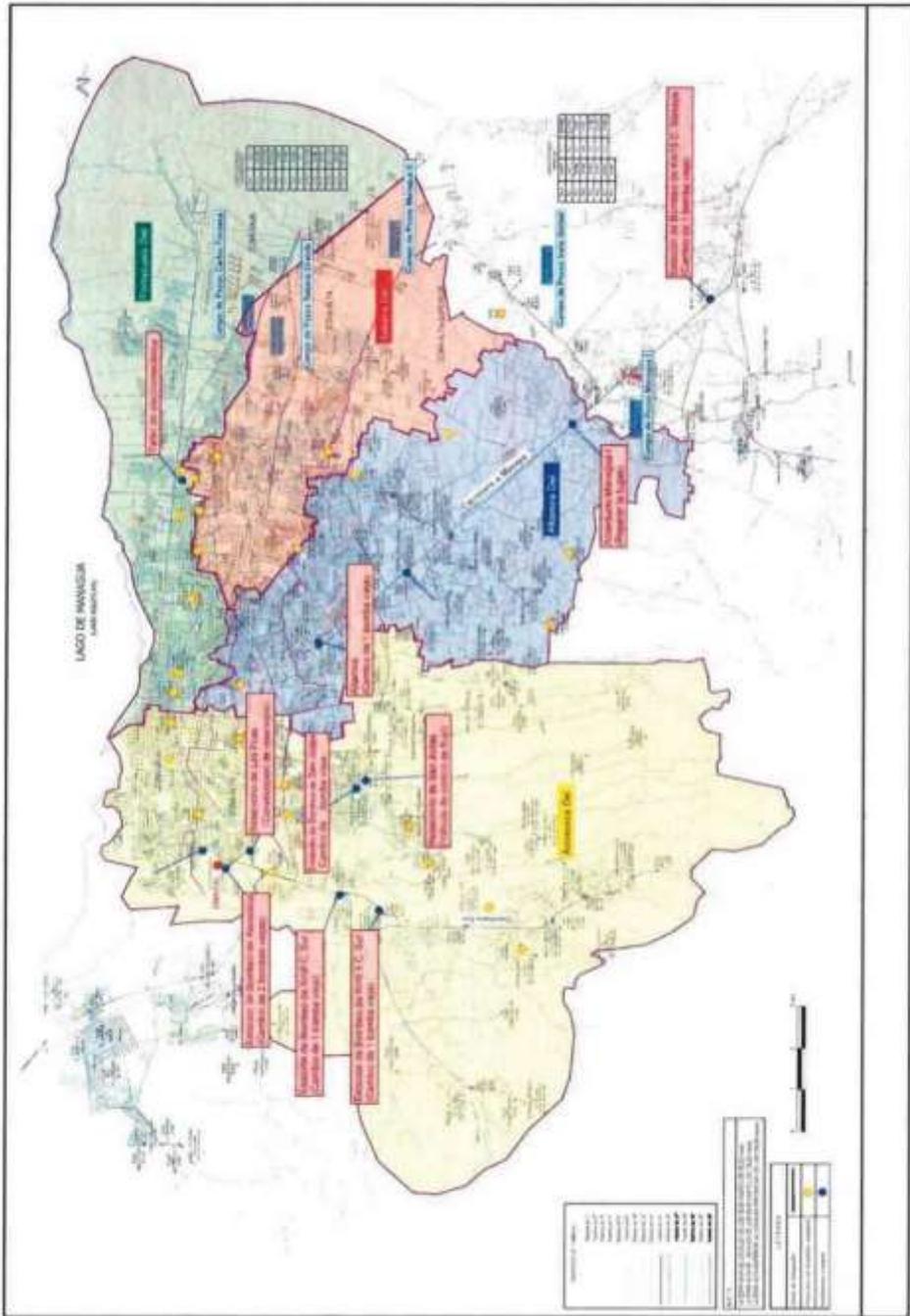
- Garantizar la igualdad de retribución por un mismo trabajo (que no haya diferencias salariales entre mujeres y hombres sin fundamentos justificables).
- Medidas para promover el empleo de las mujeres, por ejemplo, provisión de instalaciones para las trabajadoras (aseos, vestuarios, etc.)
- Fomentar la participación de las empleadas de ENACAL en los componentes no estructurales o fijar una cuota de participación femenina.



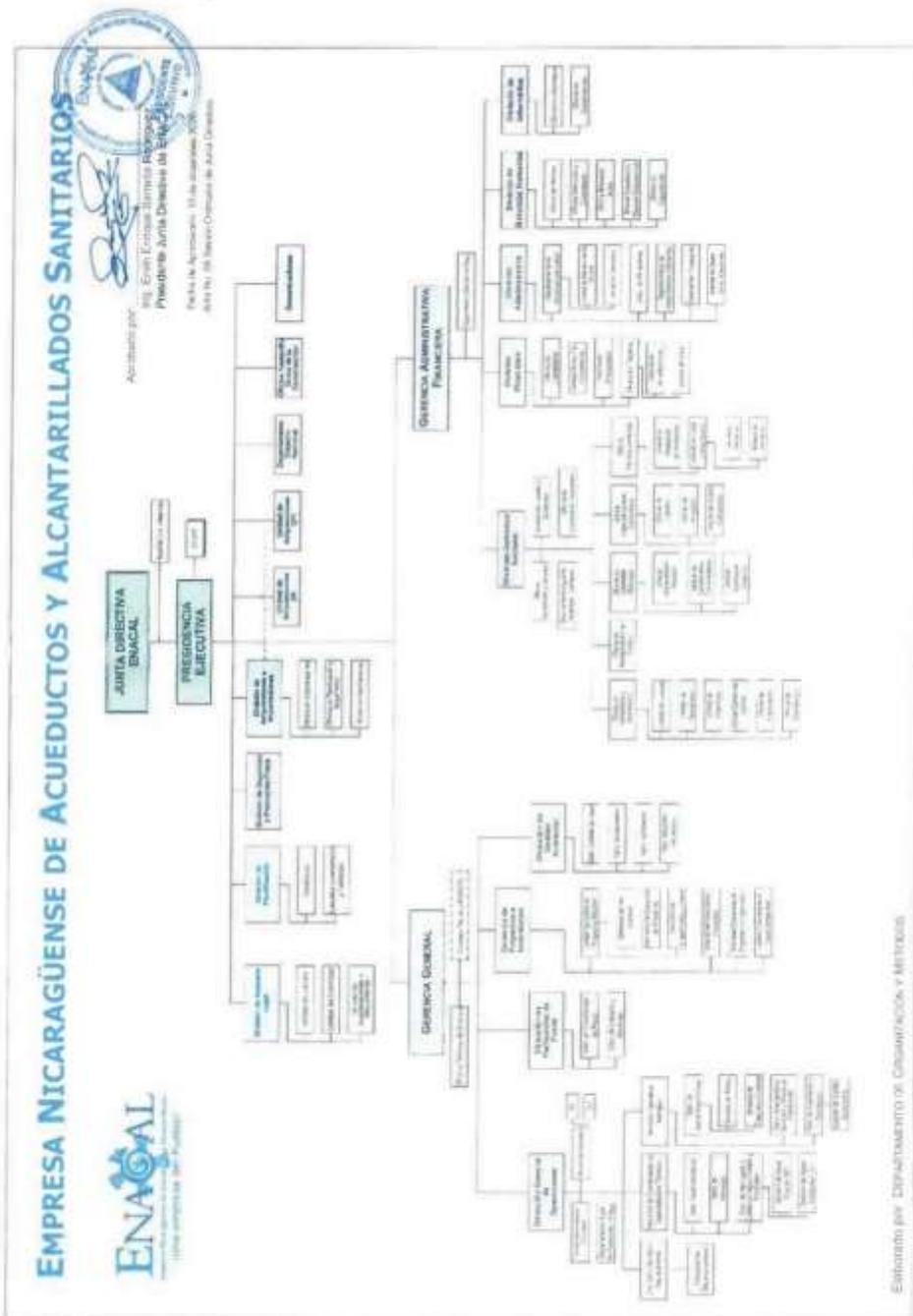
- Anexo 1 : Sitios del Proyecto
- Anexo 2 : Organigrama de ENACAL
- Anexo 3 : Equipos solicitados y equipos a adquirir
- Anexo 4 : Esquema de Cooperación Financiera No Reembolsable
- Anexo 5 : Calendario de ejecución del proyecto
- Anexo 6 : Responsabilidades de Nicaragua
- Anexo 7 : Informe de Seguimiento del Proyecto (PMR)



Anexo 1 : Sitios del Proyecto



Anexo 2 : Organigrama de ENACAL



[Firma] *[Firma]* *[Firma]*

Anexo 3 : Equipo solicitado y equipo de adquisición

Equipos solicitados por ENACAL		Equipos a adquirir según los resultados del Estudio de campo		Cambios y sus razones
Reservorios (Dentro de la estación de bombeo de Asososca, dentro de la propiedad del Pozo Enramadas No.3)	2 lugares	Reservorios (macrosector Asososca Alta, 4600m ³)	1 lugar	Ante la solicitud de cambiar los lugares para instalar, se analizó todo el sistema de distribución. Como resultado, cambiaron a los sitios considerados más efectivos para la gestión y operación.
Equipos de reparación de fugas (Puente acueducto de Managua I donde hay fugas de agua)	1 lugar	Equipos de reparación de fugas (Puente acueducto donde hay fugas de agua)	3 unidades	Se determinó que es necesario reparar todas las 3 juntas donde posiblemente se producirán o volverán a producir fugas.
Válvulas de control (Puente acueducto de Managua I donde hay fugas de agua)	2 unidades	-	-	Se eliminan porque se instalarán en el paso vehicular de la Carretera a Masaya que implicará una obra de gran magnitud con restricciones de tráfico.
Remodelación del Taller de electromecánica	1 lugar	Remodelación del Taller de electromecánica (equipos de carga y descarga, equipos de mecanizado, equipos eléctricos y vehículos)	1 lugar	-
Variadores (Pozos directamente conectados con las redes de distribución)	30-50 lugares	Variadores	28 lugares	-
Bombas de transmisión de agua (Altamira, Asososca y Km8 Carretera a Masaya)	8 unidades	Bombas de transmisión de agua (1 bomba en la Estación de bombeo de Altamira, 2 en Asososca, 1 en San Judas, 1 en Km18 Carretera Masaya, 1 en Km8 Carretera Sur y 1 en Km9.5 Carretera Sur)	7 unidades	Ante la solicitud adicional, se analizaron de forma integral los resultados del estudio de campo, entrevistas a los operadores, confirmación del estado de funcionamiento de las bombas, mejora prevista de la función de suministro después de la instalación y otros factores. Como resultado, se determinó lo indicado en la columna izquierda.
Válvulas de mariposa (Sistema de transmisión de Managua I)	10 lugares	Válvula de control de caudal (Reservorio San Judas)	1 lugar	Se consideró la respuesta de ENACAL con fondos propios y la operación de suministro como el aislamiento de los sistemas de distribución. Como resultado, se determinó lo indicado en la columna izquierda.
Válvulas reductoras de presión (Sistema de transmisión)	8 lugares			

Equipos solicitados por ENACAL		Equipos a adquirir según los resultados del Estudio de campo		Cambios y sus razones
de Managua I)				
-	-	Equipos para contribuir a las actividades de reducción de ANF	1 juego	Continúa el desarrollo de la descentralización del plan de transferencia tecnológica en temas de ANF basado en los logros de Progestión, y se espera que se utilicen los equipos para estas actividades.

Anexo 4 : Esquema de Cooperación Financiera No Reembolsable

DONACIÓN JAPONESA

La Donación Japonesa es un fondo no reembolsable provisto a un país receptor (en adelante se denominará "el Receptor") para adquirir los productos y/o servicios (servicios de ingeniería y transporte de productos, etc.) para su desarrollo económico y social en concordancia con las leyes y regulaciones relevantes de Japón. A continuación, se mencionan los aspectos básicos de las donaciones para proyectos operados por JICA (en adelante se denominarán " Donaciones para Proyectos").

1. Procedimientos de las Donaciones para Proyectos

Las Donaciones para Proyectos se conducen a través de los siguientes procedimientos (véase "PROCEDIMIENTOS DE LA DONACIÓN JAPONESA" para más detalles):

(1) Preparación

- El Estudio Preparatorio (en adelante denominado "el Estudio") conducido por JICA

(2) Evaluación

- Evaluación por el Gobierno de Japón (en adelante denominado "GOJ") y JICA, y aprobación por el Gabinete japonés

(3) Implementación

Intercambio de Notas Reversales

- Las Notas intercambiadas entre el GOJ y el Gobierno del Receptor

Acuerdo de Donación (en adelante denominado "el A/D")

- El acuerdo firmado entre JICA y el Receptor

Convenio Bancario (en adelante denominado "el C/B")

- Apertura de una cuenta bancaria por el Receptor en un banco en Japón (en adelante denominado "el Banco") para recibir la donación

Trabajos de construcción/adquisiciones

- Implementación del proyecto (en adelante denominado "el Proyecto") sobre la base del A/D

(4) Seguimiento y evaluación posteriores

- Seguimiento y evaluación en la etapa posterior a la implementación

2. Estudio Preparatorio

(1) Contenido del Estudio



El objetivo del Estudio es proveer los documentos básicos necesarios para la evaluación del Proyecto realizados por el GOJ y JICA. El contenido del Estudio es como se indica a continuación:

- Confirmación del trasfondo, los objetivos, los beneficios del Proyecto y también la capacidad institucional necesaria para la implementación del Proyecto de las agencias relevantes del Receptor.
- Evaluación de la factibilidad del Proyecto a ser implementado bajo la Donación Japonesa desde los puntos de vista técnico, financiero, social y económico ambiental.
- Confirmación de los asuntos acordados entre ambas partes respecto al concepto básico del Proyecto.
- Preparación del Diseño Marco del Proyecto.
- Estimación de los costos del Proyecto.
- Confirmación de las consideraciones ambientales y sociales.

El contenido de la solicitud original del Receptor no es necesariamente aprobado en su forma inicial. El Diseño Marco del Proyecto se confirma según las directrices de la Donación Japonesa.

JICA solicita al Receptor que tome las medidas necesarias para alcanzar su autonomía en la implementación del Proyecto. Dichas medidas deben ser garantizadas a pesar de que caigan fuera de la jurisdicción de la agencia ejecutora del Proyecto. Por lo tanto, el contenido del Proyecto se conforma por todas las organizaciones relevantes del Receptor en base al Acta de Discusiones.

(2) Selección de los consultores

Para una implementación armoniosa del Estudio, JICA celebra contratos con una o varias consultoras. JICA selecciona la/las firma(s) en base a las propuestas presentadas por las consultoras interesadas.

(3) Resultado del Estudio

JICA examina el informe sobre los resultados del Estudio y recomienda al GOJ evaluar la implementación del Proyecto luego de confirmar la viabilidad del mismo.

3. Principios Básicos y Donaciones para Proyectos

(1) Etapa de implementación

1) El C/N y el A/D

Después de que el Proyecto sea aprobado por el Gabinete de Japón, se firmará el Canje de



Notas (en adelante denominado "el C/N") entre el GOJ y el Gobierno del Receptor para realizar un compromiso de asistencia, el cual será seguido por la firma del A/D entre JICA y el Receptor para definir los artículos necesarios para implementar el Proyecto, en concordancia con el C/N, tales como las condiciones del desembolso, las responsabilidades del Receptor, y las condiciones de las adquisiciones. Las cláusulas y condiciones generalmente aplicables a la Donación Japonesa están estipuladas en las "Cláusulas y Condiciones Generales para la Donación Japonesa (enero de 2016)".

- 2) Convenio Bancario (C/B) (véase el "Flujo Financiero de la Donación Japonesa (Tipo A/P)" para más detalles)
 - a) El Receptor, en principio deberá abrir una cuenta o hacer que la autoridad designada abra una cuenta bajo el nombre del Receptor en el Banco. JICA desembolsará la Donación Japonesa en yenes japoneses para el Receptor a fin de cubrir las obligaciones contraídas por el Receptor bajo los contratos verificados.
 - b) La Donación Japonesa se desembolsará cuando las solicitudes de pago sean presentadas por el Banco a JICA bajo una Autorización de Pago (A/P) emitida por el Receptor.
- 3) Procedimiento de adquisición
Los productos y/o servicios necesarios para la implementación del Proyecto deberán ser adquiridos en concordancia con las directrices de adquisición de JICA como se estipula en el A/D.
- 4) Selección de los consultores
Para mantener una consistencia técnica, la/las consultora(s) que haya/hayan realizado el Estudio será/serán recomendada(s) por JICA al Receptor para continuar los trabajos en la implementación del Proyecto después del C/N y el A/D.
- 5) País de origen elegible
Los países de origen elegibles para la adquisición de los productos y/o servicios utilizando la Donación Japonesa desembolsada por JICA, serán Japón y/o el Receptor. La Donación Japonesa será utilizada para la adquisición de los productos y/o servicios de un tercer país que será elegible si fuese necesario, teniendo en cuenta la calidad, la competitividad y la racionalidad económica de los productos y/o servicios necesarios para lograr el objetivo del Proyecto. Sin embargo, los contratistas principales, a saber, las firmas de construcción y adquisición, y la consultora principal, quienes firmarán contratos con el Receptor, en principio, se limitan a "nacionales japoneses".
- 6) Contratos y conformidad por parte de JICA
El Receptor firmará contratos con denominación de valores en yenes japoneses con nacionales japoneses. Dichos contratos tendrán la conformidad de JICA para ser verificados como elegibles para utilizar la Donación Japonesa.



- 7) Seguimiento
Se requiere que el Receptor tome iniciativa propia para realizar un cuidadoso seguimiento del progreso del Proyecto a fin de asegurar su implementación armoniosa como parte de su responsabilidad en el A/D, e informar con frecuencia a JICA sobre su estado utilizando el Informe de Seguimiento del Proyecto (PMR).
 - 8) Medidas de seguridad
El Receptor debe aseverar que la seguridad sea respetada durante la implementación del Proyecto.
 - 9) Reunión de Control de Calidad de la Construcción
La Reunión de Control de Calidad de la Construcción (en adelante denominado "la Reunión") será celebrada para el aseguramiento de la calidad y una implementación armoniosa de los trabajos en cada etapa de los mismos. Los miembros de la Reunión se componen por el Receptor (o agencia ejecutora), el Consultor, el Contratista y JICA. Las funciones de la Reunión son las siguientes:
 - a) El Contratista comparte la información sobre el objetivo, el concepto y las condiciones del diseño, antes del comienzo de la construcción.
 - b) Se discutirán los asuntos que afectan los trabajos tales como la modificación del diseño, los test, las inspecciones y controles de seguridad y las obligaciones del Cliente durante la construcción.
- (2) Etapa de seguimiento y evaluación posteriores
- 1) Luego de la terminación del proyecto, JICA continuará manteniendo estrecho contacto con el Receptor para realizar un seguimiento relativo a que los productos del Proyecto se utilizan y mantienen adecuadamente para obtener los resultados esperados.
 - 2) En principio, JICA realizará una evaluación posterior del Proyecto después de tres años desde la terminación. Se requiere que el Receptor facilite cualquier información necesaria que JICA razonablemente solicite.
- (3) Otros
- 1) Consideraciones ambientales y sociales
El Receptor considerará cuidadosamente los impactos ambientales y sociales del Proyecto y debe cumplir con las regulaciones ambientales del Receptor y las Directrices de JICA para las Consideraciones Ambientales y Sociales (abril de 2010).
 - 2) Principales compromisos a tomar por el Gobierno del Receptor
Para una implementación armoniosa y adecuada del Proyecto, se requiere que el Receptor tome las medidas necesarias incluyendo la adquisición de terrenos, y se haga cargo de la Comisión por el aviso de la A/P y que las comisiones de pago se paguen al Banco como se



acordó con el GOJ y/o JICA. El Gobierno del Receptor asegurará que los derechos aduaneros, los impuestos internos y otras cargas fiscales que sean impuestas en el Receptor con respecto a la adquisición de los productos y/o servicios serán exentos o asumidos por su autoridad designada sin utilizar la Donación ni sus intereses acumulados, debido a que los fondos de la donación provienen de los contribuyentes japoneses.

3) Uso adecuado

Se requiere que el Receptor mantenga y utilice apropiada y efectivamente los productos y/o servicios bajo el Proyecto (incluyendo las instalaciones construidas y el equipo adquirido), asigne el personal necesario para esta operación, y mantenga y cargue con todos los gastos excepto los cubiertos por la Donación Japonesa.

4) Exportación y re-exportación

Los productos adquiridos bajo la Donación Japonesa no deben ser exportados o re-exportados por parte del Receptor.



Anexo 4
Apéndice 1

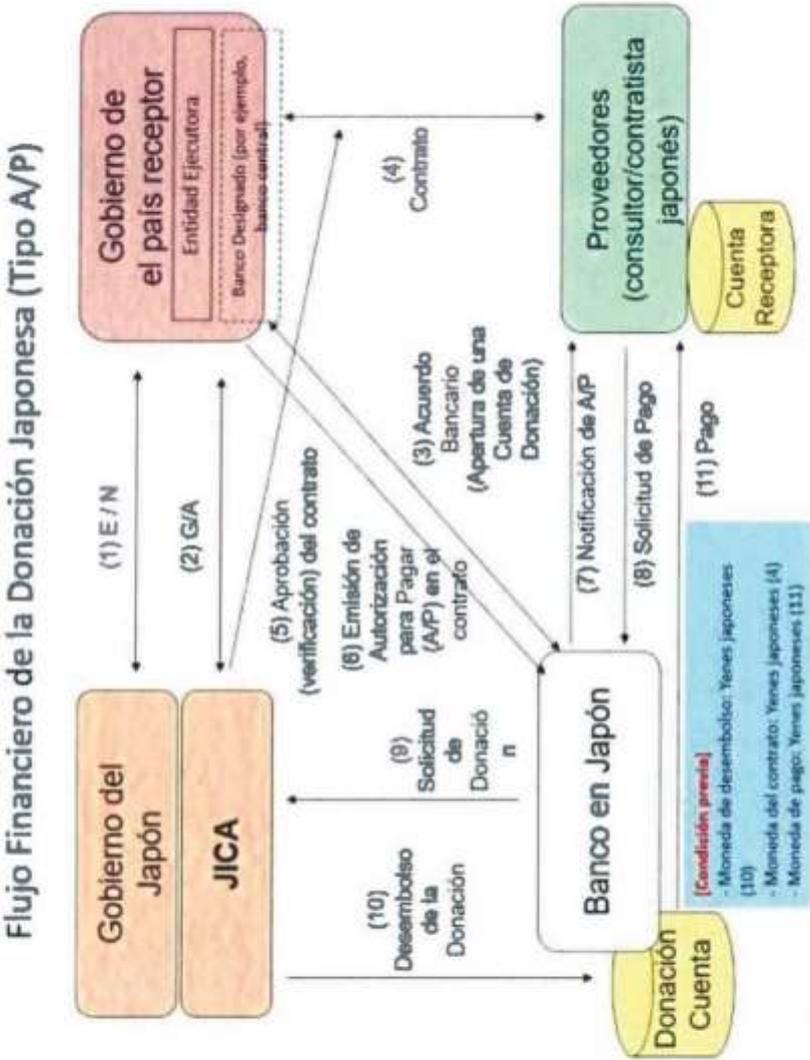
PROCEDIMIENTOS DE LA DONACIÓN JAPONESA

Fase	Procedimientos	Comentarios	Gobierno Receptor	Gobierno de Japón	JICA	Consultores	Contratistas	Banco Agente
Solicitud Oficial	Solicitud de donaciones por vía diplomática	La solicitud se presentará antes de la etapa de evaluación.	x	x				
1. Preparación	(1) Estudio Preparatorio Preparación del diseño conceptual y estimación de costos	—	x		x	x		
	(2) Estudio Preparatorio Explicación del borrador del diseño conceptual, incluyendo la estimación de costos, compromisos, etc.		x		x	x		
2. Valoración	(3) Acuerdo sobre condiciones de ejecución	Las condiciones se explicarán con el borrador de las notas (E/N) y el Acuerdo de donación (G/A) que se firmarán antes de la aprobación del gobierno japonés.	x	x (E/N)	x (G/A)			
	(4) Aprobación por el gabinete japonés	—		x				
3. Ejecución	(5) Intercambio de Notas (E/N)		x	x				
	(6) Firma del Acuerdo de Donación (G/A)		x		x			
	(7) Acuerdo Bancario (B/A)	Necesita ser informado a JICA	x					x

Fase	Procedimientos	Comentarios	Gobierno Receptor	Gobierno de Japón	JICA	Consultores	Contratistas	Banco Agencia
	(8) Contratación con el consultor y emisión de la Autorización de Pago (A/P)	Se requiere la aprobación de JICA	x			x		x
3. Ejecución	(9) Diseño Detallado (D/D)	—	x			x		
	(10) Preparación de los documentos de licitación	Se requiere la aprobación de JICA	x			x		
	(11) Licitación	Se requiere la aprobación de JICA	x		—	x	x	
	(12) Contratación con el contratista/proveedor y emisión de A/P	Se requiere la aprobación de JICA	x				x	x
	(13) Obras de construcción/adquisiciones	Se requiere la aprobación de JICA para modificaciones importantes de diseño y enmiendas de contratos.	x				x	x
	(14) Certificado de finalización	—	x				x	x
4. Monitoreo y evaluación ex post	(15) Monitoreo ex post	Se implementará generalmente después de 1, 3, 10 años de finalización, sujeto a cambios	x		x			
	(16) Evaluación ex post	Para ser implementado básicamente después de 3 años de finalización	x		x			

Notas:

1. El Informe de Seguimiento del Proyecto y el Informe de Finalización del Proyecto se presentarán a JICA según lo acordado en el G/A.
2. Se requiere la aprobación de JICA para la asignación de la donación para el monto restante y/o contingencias según lo acordado en el G/A.



[Handwritten signatures]

Anexo 6 : Responsabilidades de la parte nicaragüense**(1) Responsabilidades de la parte nicaragüense antes de anuncio público de licitación**

NO	Responsabilidades de la parte nicaragüense	Fecha límite	Responsable	Monto (USD)
1	La parte nicaragüense tramitará el Arreglo Bancario (A/B) con un banco en Japón.	Dentro de 1 mes después de firmar el A/D	MHCP	
2	Para el pago al consultor, emitirá la Autorización de Pago (A/P) al banco con el que haya tramitado el A/B, con el fin de otorgarle el derecho a ejecutar el procedimiento de pago.	En un plazo de 1 mes desde la firma del contrato de consultoría	MHCP	
3	Presentación del Informe de Seguimiento del Proyecto (PMR).	Antes de anuncio de licitación	ENACAL	
4	Para asegurar y despejar las siguientes tierras: • Sitio de instalación del reservorio de agua prefabricado. (El reservorio Las Pilas: 40m x 40m = 1600m ² y terraplenado Nivel de terreno +158m) • Sitio de instalación del variador (28 : 4m x 3m = 12m ²)	Julio de 2022	ENACAL	123.656 700

(2) Responsabilidades de la parte nicaragüense durante la implementación del Proyecto

NO	Responsabilidades de la parte nicaragüense	Fecha límite	Responsable	Monto (USD)
1	Para el pago al proveedor, emitirá la Autorización de Pago (A/P) al banco japonés con el que haya tramitado el A/B, con el fin de otorgarle el derecho a ejecutar el procedimiento de pago.	En un plazo de 1 mes desde la firma del contrato de proveedor	MHCP	
2	Pagar comisiones en concepto de servicios bancarios basados en el A/B.		MHCP	30.000
	(1) Tasa de emisión del A/P.	En un plazo de 1 mes desde la firma del contrato de proveedor	MHCP	
	(2) Comisión de pago relacionada con el A/P.	Por cada pago	MHCP	
3	Colaboración en materia de trámites aduaneros y tratamientos arancelarios para la importación de los equipos y materiales del Proyecto, así como apoyo para el transporte interior sin retraso.	Durante la implementación del Proyecto	MHCP	
4	Para otorgar a las personas físicas japonesas y/o personas físicas de terceros países cuyos servicios pueden ser necesarios en relación con el suministro de los productos y los servicios, las instalaciones que sean necesarias para su entrada en el país del Destinatario y permanecer allí para el desempeño de su trabajo	Durante la implementación	MHCP	
5	Para garantizar que los derechos de aduana, los impuestos internos y otros gravámenes fiscales que puedan imponerse en el país del Destinatario con respecto a la compra de los productos y / o servicios estén exentos.	Durante la implementación	MHCP	
6	Pagar todos los gastos, excepto los cubiertos por la Donación, necesarios para la ejecución del Proyecto	Durante la implementación	ENACAL	

A4. Minuta de Discusiones

NO	Responsabilidades de la parte nicaragüense	Fecha límite	Responsable	Monto (USD)
7	Proporcionar instalaciones para la distribución de electricidad, suministro de agua y drenaje y otras instalaciones accesorias necesarias para la implementación del Proyecto fuera del sitio (s) (1) Electricidad (suministro de energías eléctricas necesarias para las obras). (2) Agua (suministro de aguas necesarias para las obras). (3) Drenaje (para aguas residuales generadas por las obras).	Antes de comenzar la instalación	ENACAL	
8	Garantizar la seguridad de las personas involucradas en la implementación del Proyecto.	Durante el Proyecto	ENACAL	
9	En caso de que se produzca algún accidente durante la ejecución del Proyecto, o cualquier daño o accidente a terceros, a los vecinos o al medio ambiente local, se informará inmediatamente a JICA.	Durante la implementación	ENACAL	
10	Presentación del Informe de Seguimiento del Proyecto (PMR) (al finalizar: el embarque de cada equipo, la entrega, obras de instalación y la capacitación para la puesta en marcha).	Una vez finalizada cada tarea	ENACAL	
11	Presentación del Informe de Finalización del Proyecto.	En un plazo de 6 meses desde la finalización del Proyecto	ENACAL	
12	Adquisición de los permisos necesarios durante la ejecución de las obras (control de tráfico, permiso de obras civiles, permiso para obras en el cauce del río, etc.).	Antes de comenzar la instalación	ENACAL	
13	Retirada y disposición de los equipos existentes (bombas de distribución, paneles de control, equipos para el taller de capacitación, etc.).	Durante la ejecución	ENACAL	25.700
14	Instalación de estanterías para guardar las herramientas para el taller de reparación electromecánica.	Antes de la entrega de los equipos relacionados con el taller	ENACAL	1.250
15	Reparación y pintura de la pasarela de inspección del puente acueducto.	Durante la ejecución	ENACAL	6.753
16	Disposición de tierras residuales generadas por el movimiento de tierra y tratamiento de aguas residuales generadas durante la instalación y obras complementarias.	Durante la ejecución	ENACAL	
17	Asumir los costos de agua, mano de obra y electricidad para la prueba de llenado del reservorio, la prueba de funcionamiento de la bomba y el variador, la puesta en marcha y el ajuste de otros equipos.	Durante la ejecución	ENACAL	82.230
18	Proporcionar los espacios para la oficina local de consultores y proveedores.	Durante la ejecución	ENACAL	
19	Asignar participantes al curso de componentes no estructurales, proporcionar el lugar de capacitación y cubrir los costos.	Durante la ejecución	ENACAL	
20	Apoyar el control de tráfico y la gestión de seguridad vial durante las obras de instalación.	Durante la ejecución	ENACAL	

(3) Responsabilidades de la parte nicaragüense después de la implementación del Proyecto

NO	Responsabilidades nicaragüenses	Fecha limite	Responsable	Monto (USD)
1	Los equipos adquiridos por la cooperación financiera no reembolsable serán operados y mantenidos de forma adecuada y eficaz. (1) Asegurar los costos de operación y mantenimiento. (2) Establecimiento del sistema de operación y mantenimiento. (3) Implementación de inspecciones diarias y periódicas.	Una vez finalizado el Proyecto	ENACAL	

Anexo 7 : Informe de Seguimiento del Proyecto (PMR)

Fecha:
Ref. No.

Agencia de Cooperación Internacional de Japón
JICA XXX Oficina
[Address specified in the Article 5 of the Grant Agreement]

Atención: Principal representante

Damas y Caballeros:

AVISO SOBRE EL PROGRESO DEL PROYECTO

Referencia : Acuerdo de subvención, fechado (fecha de firma del A/Sub), por (nombre del proyecto)

De acuerdo con el Artículo 6 (3) del Acuerdo de Subvención, nos gustaría informar sobre el progreso del Proyecto hasta las siguientes etapas:

[Común]

- Preparación de documentos de licitación - resultado del diseño detallado
- Finalización de las obras finales en construcción / contrato de adquisición

[Construcción]

- Progreso Mensual [Mes/Año]

[Adquisición de equipos]

- Envío / entrega, recepción (toma de control) de equipo
- Trabajos de instalación
- Entrenamiento operacional

- Otros _____

Consulte los detalles según el Informe de Seguimiento del Proyecto adjunto. (PMR).

Atentamente,



[Firma]

[Nombre del Firmante]

[Puesto del Firmante]

[Nombre de la agencia ejecutora]

cc:

Director General

Departamento de Implementación de Cooperación Financiera

Agencia de Cooperación Internacional de Japón

[Address specified in the Article 5 of the Grant Agreement]



Annex 1

G/A NO. XXXXXXXX
 PMR prepared on DD/MM/YY

<p><u>Informe de Seguimiento del Proyecto (PMR)</u> de <u>Nombre del proyecto</u></p> <p>4. <u>Acuerdo de subvención No. XXXXXXXX</u> 20XX, Mes</p>
--

Información Organizacional

Firmante del acuerdo de Subvención (Recipiente)	_____ Persona Encargada: (Designación) _____ _____ Contacto Dirección: _____ _____ Tel/FAX: _____ _____ Email: _____ _____
Agencia Ejecutora	_____ Persona Encargada: (Designación) _____ _____ Contacto Dirección: _____ _____ Tel/FAX: _____ _____ Email: _____ _____
Ministerio de Línea	_____ Persona Encargada: (Designación) _____ _____ Contacto Dirección: _____ _____ Tel/FAX: _____ _____ Email: _____ _____

G/A NO. XXXXXXX
PMR prepared on DD/MM/YY

Información General:

Título del Proyecto	
E/N	Fecha de firma: Duración:
G/A	Fecha de firma: Duración:
Fuente Financiamiento de	Gobierno de Japón: Sin exceder JPY _____ mil. Gobierno de (_____): _____



G/A NO. XXXXXXX
 PMR prepared on DD/MM/YY

1: Descripción del Proyecto

1-1 Objetivos del Proyecto

--

1-2 Justificación del proyecto

- Objetivos de nivel superior a los que contribuye el proyecto (políticas y estrategias nacionales / regionales / sectoriales)
- Situación de los grupos beneficiarios a los que se dirige el proyecto

--

1-3 Indicadores para la medición de la "eficacia"

Indicadores cuantitativos para medir la consecución de los objetivos del proyecto		
Indicadores	Base (Yr)	Objetivo (Yr)
Indicadores cualitativos para medir la consecución de los objetivos del proyecto		

2: Detalles del Proyecto

2-1 Ubicación

Componentes	Base <i>(propuesto en el diseño del esquema)</i>	Actual
1.		

2-2 Alcance del trabajo

Componentes	Base <i>(propuesto en el diseño del esquema)</i>	Actual
1.		



G/A NO. XXXXXXX
 PMR prepared on DD/MM/YY

Razones para la modificación del alcance (si corresponde).

(PMR)

2-3 Calendario de implementación

Ítems	Original		Actual
	(propuesto en el diseño del esquema)	(en el momento de la firma del acuerdo de subvención)	

Razones de cualquier cambio en el cronograma y sus efectos en el proyecto (si corresponde)

2-4 Obligaciones del destinatario

2-4-1 Progreso de las obligaciones específicas
 Ver Adjunto 2.

2-4-2 Actividades
 Ver Anexo 3.

2-4-3 Informe sobre RD
 Ver Anexo 11.

2-5 Costo del Proyecto

2-5-1 Costo soportado por la subvención (confidencial hasta la licitación)

Componentes			Costo (Millón Yen)	
	Original (propuesto en el diseño del esquema)	Actual (en caso de alguna modificación)	Original ^(1,2) (propuesto en el diseño del esquema)	Actual
1.				
Total				

G/A NO. XXXXXXXX
 PMR prepared on DD/MM/YY

Nota: 1) Fecha de estimación:
 2) Tipo de cambio: 1 US Dólar = Yen

2-5-2 Costo a cargo del destinatario

Componentes			Costo (1,000 Taka)	
	Original <i>(propuesto en el diseño del esquema)</i>	Actual <i>(en caso de alguna modificación)</i>	Original ^{1),2)} <i>(propuesto en el diseño del esquema)</i>	Actual
	1.			

Nota: 1) Fecha de estimación:
 2) Tipo de cambio: 1 US Dólar =

Razones de las diferencias notables entre el costo original y real, y las contramedidas (si las hubiera)

(PMR)

2-6 Agencia Ejecutora

- Función de la organización, posición financiera, capacidad, recuperación de costos, etc.,
- Organigrama que incluye la unidad a cargo de la implementación y el número de empleados.

Original *(en el momento del diseño del esquema)*

nombre:
 papel:
 situación financiera:
 arreglo institucional y organizativo (organigrama):
 recursos humanos (número y capacidad del personal):

G/A NO. XXXXXXX
PMR prepared on DD/MM/YY

Actual (PMR)

2-7 Impactos ambientales y sociales

- Los resultados del monitoreo ambiental basado en el Anexo 5 (de acuerdo con el Anexo 4 del Acuerdo de Subvención).
- Los resultados del monitoreo social con base en el Anexo 5 (de acuerdo con el Anexo 4 del Acuerdo de Subvención).
- Divulgar información relacionada con los resultados del seguimiento ambiental y social a los grupos de interés locales (cuando corresponda).

3: Operación y Mantenimiento (O&M)

3-1 Arreglos Físicos

- Plan de O&M (número y habilidades del personal en la división o sección responsable, disponibilidad de manuales y guías, disponibilidad de repuestos, etc.)

Original (en el momento del diseño del esquema)
Actual (PMR)

3-2 Disposición presupuestaria

- Costo de O&M requerido y asignación presupuestaria real para O&M

Original (en el momento del diseño del esquema)
Actual (PMR)

4: Riesgos potenciales y medidas de mitigación

- Riesgos potenciales que pueden afectar la implementación del proyecto, la consecución de objetivos, la sostenibilidad.
- Medidas de mitigación correspondientes a los riesgos potenciales

G/A NO. XXXXXXX
 PMR prepared on DD/MM/YY

Evaluación de riesgos potenciales (en el momento del diseño del esquema)

Riesgo Potencial	Evaluación
1. (Descripción del Riesgo)	Probabilidad: Alta / Moderada / Baja
	Impacto: Alta / Moderada / Baja
	Análisis de probabilidad e impacto:
	Medidas de atenuación:
	Acción requerida durante la etapa de implementación:
	Plan de contingencia (si corresponde):
2. (Descripción del Riesgo)	Probabilidad: Alta / Moderada / Baja
	Impacto: Alta / Moderada / Baja
	Análisis de probabilidad e impacto:
	Medidas de atenuación:
	Acción requerida durante la etapa de implementación:
	Plan de contingencia (si corresponde):
3. (Descripción del Riesgo)	Probabilidad: Alta / Moderada / Baja
	Impacto: Alta / Moderada / Baja
	Análisis de probabilidad e impacto:
	Medidas de atenuación:
	Acción requerida durante la etapa de implementación:
	Plan de contingencia (si corresponde):

G/A NO. XXXXXXX
PMR prepared on DD/MM/YY

Situación Actual y contramedidas	
(PMR)	

5: Plan de evaluación y seguimiento (después de la finalización del trabajo)

5-1 Evaluación global

Describa su evaluación general del proyecto.

--

5-2 Lecciones aprendidas y recomendaciones

Por favor, plantee las lecciones aprendidas de la experiencia del proyecto, que podrían ser valiosas para la asistencia futura o tipos similares de proyectos, así como cualquier recomendación que pueda ser beneficiosa para una mejor realización del efecto del proyecto, el impacto y la garantía de sostenibilidad.

--

5-3 Plan de seguimiento de los indicadores para la posevaluación

Por favor describa los métodos de monitoreo, sección (es) / departamento (s) a cargo del monitoreo, frecuencia, el término para monitorear los indicadores estipulados en 1-3.

--



G/A NO. XXXXXXXX
PMR prepared on DD/MM/YY

Adjuntos

1. Mapa de ubicación del proyecto
2. Obligaciones específicas del Beneficiario que no serán financiadas con la Subvención
3. Informe mensual presentado por el consultor
Apéndice: fotocopia del informe de progreso del contratista (si corresponde)
 - Lista de miembros consultores
 - Lista de personal principal del contratista
4. Lista de verificación del contrato (incluido el registro de enmienda del contrato / acuerdo y el calendario de pago)
5. Formulario de monitoreo ambiental / Formulario de monitoreo social
6. Ficha de seguimiento de precio de materiales especificados (Trimestral)
7. Informe sobre la proporción de adquisiciones (país receptor, Japón y terceros países) (solo PMR (final))
8. Imágenes (por estilo JPEG por CD-R) (solo PMR (final))
9. Lista de equipos (solo PMR (final))
10. Dibujo (solo PMR (final))
11. Informe sobre RD (después del proyecto)



Ficha de seguimiento sobre precio de materiales especificados

1. 1. Condiciones iniciales (confirmadas)

Elementos de materiales especificados	Volumen Inicial A	Precio unitario inicial (¥) B	Precio total inicial C=AxB	1% del precio del contrato D	Condición de pago Precio (Decreased) E=C-D	Condición de pago Precio (Increased) F=C+D
1 Item 1	•••	•	•	•	•	•
2 Item 2	•••	•	•	•		
3 Item 3						
4 Item 4						
5 Item 5						

2. Seguimiento del precio unitario de los materiales especificados

(1) Método de seguimiento : ••

(2) Resultado de la encuesta de seguimiento del precio unitario de cada material especificado

Elementos de materiales especificados	1st Mes, 2015	2nd Mes, 2015	3rd Mes, 2015	4th	5th	6th
1 Item 1						
2 Item 2						
3 Item 3						
4 Item 4						
5 Item 5						

(3) Resumen de la discusión con el contratista (si es necesario)

✓

Informe sobre la proporción de adquisiciones (país receptor, Japón y terceros países)
 (Gasto real por construcción y equipo cada uno)

	Adquisiciones nacionales (País receptor) A	Contratación extranjera (Japón) B	Contratación extranjera (Terceros Países) C	Total D
Costo de Construcción	(A/D%)	(B/D%)	(C/D%)	
Costos directos de Construcción	(A/D%)	(B/D%)	(C/D%)	
Otros	(A/D%)	(B/D%)	(C/D%)	
Costos de Equipamiento	(A/D%)	(B/D%)	(C/D%)	
Costos de Diseño y Supervisión	(A/D%)	(B/D%)	(C/D%)	
Total	(A/D%)	(B/D%)	(C/D%)	

A5. Plan de Componentes No Estructurales

Plan de Componentes No Estructurales en el Estudio Preparatorio para el Proyecto para Mejoramiento del Suministro de Agua en la Ciudad de Managua

Agosto de 2021

Tabla de Contenido

1. Antecedentes del Plan de Componentes No Estructurales	1
1.1. Antecedentes del Proyecto.....	1
1.2. Plan Superior y Meta del Proyecto.....	2
1.2.1. Plan Superior.....	2
1.2.2. Meta del Proyecto	3
1.3. Resumen del Proyecto.....	3
1.4. Necesidad de Componentes No Estructurales.....	3
1.5. Destinatarios de Componentes No Estructurales	5
2. Meta de Componentes No Estructurales.....	9
3. Resultado de Componentes No Estructurales	9
4. Método de verificación del grado de cumplimiento de los resultados.....	10
5. Actividades de Componentes No Estructurales (Plan de Inversión)	11
5.1. Lineamientos de Inversión	11
5.2. Plan de Inversión de Componentes No Estructurales	11
6. Método de adquisición de recursos para la implementación de Componentes No Estructurales	16
7. Cronograma de Ejecución de Componentes No Estructurales	16
8. Productos de Componentes No Estructurales.....	17
9. Estimación del costo de Componentes No Estructurales.....	17
10. Responsabilidades del País Receptor.....	18

I. Antecedentes del Plan de Componentes No Estructurales

I.1. Antecedentes del Proyecto

El servicio de suministro de agua en Managua, capital de Nicaragua, es prestado por la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ENACAL). Sin embargo, varios factores de riesgo como el rápido aumento de la demanda de agua debido al crecimiento poblacional anual del 4%, el deterioro de medidores e instalaciones, y la fuga de agua en el sistema de suministro debido al inadecuado control de la presión de agua, amenazan el suministro estable de agua potable para la población de la ciudad. A pesar de ser la capital del país, solo el 50% de la población de Managua recibe agua las 24 horas, en tanto que el 14% de los usuarios tienen acceso al agua por menos de 8 horas durante el día.

Además, debido a que más del 90% del agua extraída para el suministro de agua potable en Managua proviene de fuentes subterráneas, el consumo eléctrico necesario para el bombeo del agua representa una pesada carga para ENACAL. El costo de la electricidad presiona la situación financiera de ENACAL ya que representa cerca del 40% del gasto que tiene la empresa en la ciudad de Managua, siendo este una de las causas del déficit fiscal crónico que arrastra ENACAL. Por lo tanto, se ve obligado a operar sus actividades con un presupuesto limitado, situación que imposibilita asegurar y destinar una suma suficiente en la actualización de equipos e inversión física necesarias para la adecuada prestación del servicio de suministro de agua potable.

Bajo estas circunstancias, el Gobierno ha asumido en su "Programa Nacional de Desarrollo Humano (PNDH) 2018-2021", la ampliación de la cobertura en el suministro de agua potable y saneamiento, el mejoramiento de la calidad de agua y la sostenibilidad de los sistemas y redes existentes como ejes principales que comprenden las principales soluciones a los problemas que atraviesa esta zona del país. Por su parte, el "Plan Estratégico de Desarrollo Institucional (PEDI) 2020-2025" de ENACAL tiene como prioridad la reducción de agua no facturada, la reducción de costos de energía y la sostenibilidad financiera de ENACAL en el largo plazo, e impone como objetivo brindar más y mejores servicios de agua y saneamiento para toda la población con criterios de justicia y equidad social.

En 2005, JICA realizó el "Estudio de Desarrollo para el Abastecimiento de Agua Potable a Mediano y Largo Plazo de la Ciudad de Managua", y como resultado de dicho estudio se elaboró un Plan Maestro basado en cuatro políticas básicas: "Rehabilitación/renovación y mejoramiento de la calidad de agua de los pozos deteriorados", "Reducción de agua no facturada", "Incremento en la eficiencia de los sistemas de transmisión y distribución" y "Establecimiento de una estructura financiera básico para los servicios de agua en Managua". Posteriormente ha ejecutado el "Proyecto de Fortalecimiento de la Capacidad de Gestión de Agua No Facturada en la Ciudad de Managua" (en adelante "Proyecto Técnico ANF", 2020), en el marco del cual se trabaja en el fortalecimiento de la capacidad de ENACAL para la elaboración del plan de reducción de ANF y ejecución de las acciones de reducción

de ANF, apoyando al mismo tiempo la elaboración del Plan de Suministro de Equipos y Materiales. Este abordaje dio lugar a la elaboración del plan a largo plazo y Planes de Acción que permitan reducir el alto índice de agua no facturada que supera el 50% hasta un 25% para el 2035. Actualmente, otros socios para el desarrollo como el Banco Interamericano de Desarrollo (en adelante BID) y la Agencia Alemana de Cooperación Internacional (en adelante GIZ) ofrece asistencia financiera y destina un paquete de apoyo para el fortalecimiento de la capacidad institucional.

El presente Proyecto tiene por objetivo lograr el mejoramiento del servicio de suministro de agua de ENACAL mediante la adquisición de equipos que contribuyan a la reducción de la cantidad de fugas de agua, así como a la reducción del costo de operación y mantenimiento. Todo esto con el fin de reducir la cantidad de fugas de agua a través de una adecuada gestión de la distribución del agua y asegurar además el presupuesto necesario para el mantenimiento e inversión mediante el ahorro en costos de operación y mantenimiento.

1.2. Plan Superior y Meta del Proyecto

1.2.1. Plan Superior

Las estrategias operativas de ENACAL son manejadas e implementadas sobre la base del "Plan Estratégico de Desarrollo Institucional de ENACAL (PEDI) 2013-2017" y del "Plan Estratégico de Desarrollo Institucional de ENACAL 2020-2025". Además, la Empresa ha elaborado en el 2017 el "Plan Estratégico de Fortalecimiento 2017-2021" para complementar las acciones de ambos planes.

El principal objetivo del PEDI arriba mencionado consiste en señalar los medios necesarios para que ENACAL sea fortalecida como una institución pública eficiente y autosuficiente, aprendiendo de las lecciones del pasado. Fue elaborado con base en el "Plan Nacional de Desarrollo Humano (PNDH)" y en el "Programa Integral Sectorial de Agua y Saneamiento Humano de Nicaragua (PISASH)", siendo el primero el Plan Nacional y el segundo el programa para el desarrollo sectorial del gobierno. ENACAL propone siete objetivos estratégicos abajo señalados, a través de los cuales avanza en las acciones para mejorar el servicio de suministro de agua potable.

Objetivos Estratégicos de ENACAL

- 1) Reducir los volúmenes de agua no contabilizada tanto a nivel de Managua como de cada uno de los sistemas que administra la Empresa.
- 2) Reducción de los costos por consumo de energía eléctrica, buscando alternativas para la reducción de los mismos y haciendo uso racional y eficiente de los diferentes sistemas electromecánicos.
- 3) Lograr la sostenibilidad financiera de la Empresa en el largo plazo y en el corto plazo al menos la autosuficiencia operativa.
- 4) Fortalecer la capacidad institucional de tal modo que cada uno de los servidores públicos de la Empresa puedan contribuir al logro de altos estándares de gestión, en beneficio de toda la población usuaria de los servicios.
- 5) Mejorar los servicios de agua y alcantarillado para toda la población a la cual corresponde atender a la ENACAL.
- 6) Contribuir a preservar y proteger el medio ambiente especialmente los recursos hídricos de modo que se garantice la disposición de este elemento vital para el presente y las futuras generaciones.
- 7) Alcanzar la justicia y equidad social en el acceso a los servicios de agua y saneamiento de tal modo que toda la población que ahora está marginada pueda tener acceso a los servicios.

1.2.2. Meta del Proyecto

Mejorar el servicio de suministro de agua y el estado financiero de las instituciones ejecutoras en la ciudad de Managua mediante la dotación de equipos y materiales necesarios para la reducción tanto de aguas no facturadas como de los costos de operación y mantenimiento, con el fin de contribuir al mejoramiento del entorno de vida y de saneamiento de la zona de intervención del presente Proyecto.

1.3. Resumen del Proyecto

El presente es un Proyecto de Cooperación Financiera No Reembolsable que contempla el suministro de equipos descritos en la siguiente Tabla 1.1.

Tabla 1.1 Equipos a ser suministrados

No.	Equipos	Cantidad
1	Inversor (para bombeo de pozo)	28 puntos
2	Reservorio de agua prefabricado (Macrosector Asososca Alta)	1
3	Bomba de transmisión	7
4	Válvula de control de caudal	1
5	Equipos para reparación de fugas	3
6	Remodelación del Taller de electromecánica (equipos de carga y descarga, equipos de mecanizado, equipos eléctricos y vehículos)	1 juego
7	Equipos para contribuir a las actividades de reducción de ANF (detector de fugas de agua, caudalímetro ultrasónico, etc.)	1 juego

1.4. Necesidad de Componentes No Estructurales

De acuerdo con la guía de JICA para la aplicación de Componentes No Estructurales, el objetivo de la implementación de Componentes No Estructurales consiste en: 1) lograr el inicio y desarrollo fluido del proyecto (particularmente en lo que concierne a los proyectos implementados por el país

contraparte), y 2) asegurar como mínimo la sostenibilidad de los resultados de la cooperación. En cuanto a los equipos a ser suministrados en el marco del presente Proyecto, las necesidades de Componentes No Estructurales fueron determinados en términos de esta Guía. Cabe señalar que la orientación para la operación inicial (puesta en marcha) y mantenimiento son excluidos de Componentes No Estructurales debido a que se encuentran incluidos dentro del Proyecto.

Tabla 1.2 Necesidades de Componentes No Estructurales

No.	Equipos	Necesidades de Componentes No Estructurales	Necesidad:
1	Inversor	<p>El objetivo principal de la colocación de un inversor es ajustar la presión de la red de tuberías de distribución de agua a un valor apropiado reduciendo la velocidad de rotación de la bomba de pozo durante el horario nocturno donde el consumo y necesidad de agua es menor, para lograr la reducción de la cantidad de fugas de agua y del uso de la energía eléctrica.</p> <p>En el pozo donde se instala el inversor, se debe establecer la presión de descarga que sirve de referencia para el control de la velocidad de rotación. Durante dicha tarea es necesario preestablecer el valor máximo de la presión de descarga que vendría a ser la condición más eficiente de distribución de agua, realizando la medición de la presión de distribución de agua actual durante más de 24 horas consecutivas para conocer la situación actual de las fluctuaciones de la presión, realizando ajustes con los pozos y redes de tuberías de agua aledaños.</p> <p>ENACAL no cuenta con experiencias en reflejar en el Plan de Distribución de Agua los resultados obtenidos en la medición de la fluctuación de la presión de agua, ya que no lleva a cabo el monitoreo de la presión de distribución de agua. Es así que, para que los equipos suministrados sean utilizados y aprovechados de manera efectiva y sostenible, será necesario desarrollar la capacidad de realizar la medición y monitoreo de la cantidad/presión de distribución de agua y de formular un Plan de Distribución de Agua en el que se recogen dichos resultados.</p>	alta
2	Reservorio	<p>En cuanto a la operación y mantenimiento del reservorio de distribución, se realiza periódicamente el registro del nivel de agua el cual es debidamente reportado a la sede de operación. Al igual que los pozos a ser dotados del inversor, no se efectúa el monitoreo tanto de la cantidad de distribución de agua como de la presión de agua dentro del área de distribución. Existe la necesidad de fortalecer la capacidad técnica que permita comprender, a partir de datos cuantitativos, cómo la operación del nuevo reservorio se relaciona con los resultados de medición de la cantidad de distribución de agua y la fluctuación de la presión del agua.</p>	media
3	Bomba de transmisión	<p>Actualmente, solo se toman medidas sintomáticas que consisten en reparar la bomba de agua cada vez que sufre alguna avería, que no contempla un plan de reposición adecuado basado en inspecciones rutinarias y periódicas.</p> <p>Esto hace surgir la necesidad de crear un sistema de inspección y mantenimiento de la bomba, para que la bomba de transmisión suministrada pueda ser utilizada de manera sostenible. Es particularmente necesario fortalecer el actual sistema de gestión y mantenimiento mediante el aprendizaje de la metodología de inspección rutinaria, inspección periódica y medición.</p>	alta
4	Válvula de control de caudal	<p>Renovar la válvula de mariposa colocada en la tubería de descarga del reservorio por una nueva válvula de control de caudal que permita un funcionamiento sincronizado con el nivel de agua del reservorio.</p>	baja

No.	Equipos	Necesidades de Componentes No Estructurales	
		Este componente no requerirá de la asistencia técnica luego de la distribución, ya que la ciudad de Managua dispone de reservorios dotados de válvulas reguladoras de caudal similares a esta, que se encuentran bajo la debida y apropiada operación y mantenimiento de ENACAL.	
5	Equipos para reparación de fugas	Consiste en equipos para la reparación de fugas de agua en los puentes de tubería de agua, que no requieren de técnicas especiales para su mantenimiento luego de su instalación. Se garantiza el uso efectivo y sostenible del equipo.	Necesidad: baja
6	Remodelación del Taller de electromecánica (equipos de carga y descarga, equipos de mecanizado, equipos eléctricos y vehículos)	ENACAL, dispone de un suficiente sistema de capacitación para técnicos en reparación, por medio del cual asegura y ofrece trabajos de calidad como los son la elaboración de registros de reparación y la gestión de los insumos. El deterioro y la avería de los equipos obsoletos son los mayores problemas que afronta ENACAL. Se espera que el suministro de los equipos contribuirá a la reactivación del taller garantizando de esta manera la sostenibilidad de los resultados de la cooperación.	Necesidad: baja
7	Equipos para contribuir a las actividades de reducción de ANF (detector de fugas de agua, caudalímetro ultrasónico, etc.)	Fueron transferidas técnicas prácticas para la detección y reducción de fugas como parte de las acciones para la reducción de ANF desarrollado en el marco del Proyecto Técnico ANF de JICA. ENACAL canaliza las técnicas adquiridas hacia las regiones del interior, de modo que, los equipos suministrados en el presente Proyecto contribuirán significativamente al desarrollo y activación de las acciones apuntadas a la reducción de ANF. Actualmente las actividades de ENACAL garantizan una alta sostenibilidad debido a los resultados satisfactorios obtenidos con el Proyecto Técnico ANF. Es así que, cabe apuntar que la adecuada gestión y operación de los equipos suministrados por el presente Proyecto es una meta justificada suficientemente alcanzable.	Necesidad: baja

Utilizar de manera efectiva los equipos suministrados en el presente Proyecto y asegurar una adecuada gestión en la distribución del agua, contribuirá al logro de la meta que se persigue, que consiste en la mejora el servicio de suministro de agua de ENACAL. Para el efecto, es necesario no solo depender del suministro de equipos, sino también implementar el “fortalecimiento de la capacidad de gestión de distribución del agua” enmarcado en los componentes no estructurales, ya que surge la necesidad de formular un adecuado plan de distribución de agua para introducir mejoras en el actual plan de distribución de agua. Particularmente, apoyaremos el fortalecimiento de la capacidad de gestión de la distribución de agua en los pozos instalados por inversores, que tienen una gran necesidad de apoyo, y el fortalecimiento de la capacidad de gestión de la operación y el mantenimiento de las estaciones de bombeo de suministro de agua.

1.5. Destinatarios de Componentes No Estructurales

Los Componentes No Estructurales son destinados a los departamentos de ENACAL Central a cargo de la planificación y gestión en la distribución de agua, funcionarios de las divisiones vinculadas a la distribución de agua de las cuatro sucursales en Managua, operadores de pozos de toma de agua

con inversores, operadores de las estaciones de bombeo y técnicos de talleres de electromecánica. La Figura 1.1 muestra la "Organigrama de la Gerencia de Operaciones de ENACAL Central" y las "Divisiones destinatarios de Componentes No Estructurales", mientras que la Figura 1.2 muestra la "Organigrama de la Unidad Técnica de la Sucursal de Managua" y las "Divisiones destinatarios de Componentes No Estructurales".

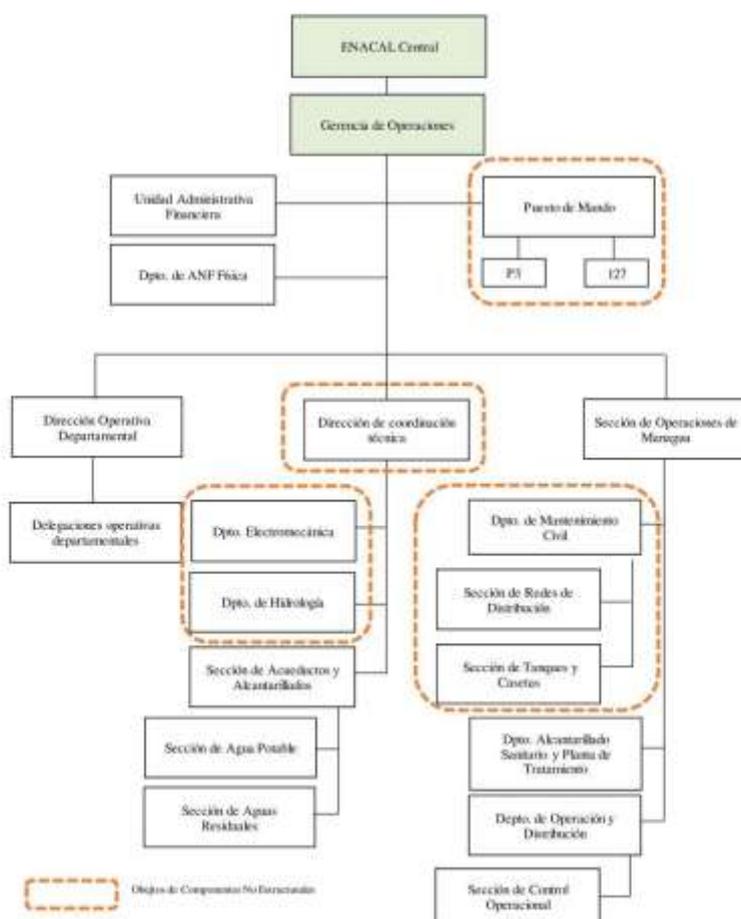


Figura 1.1 Organigrama de la Gerencia de Operaciones de ENACAL Central

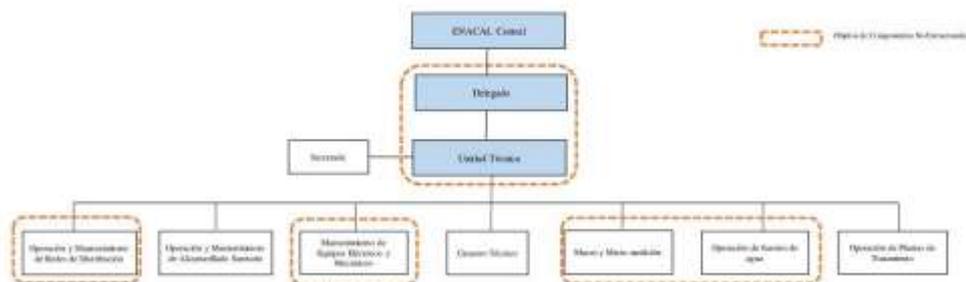


Figura 1.2 Organigrama de la Unidad Técnica del Sucursal de ENACAL Managua

A continuación, se muestran a los destinatarios de Componentes No Estructurales involucrados a nivel técnico como los son: operadores de pozos de toma de agua con inversores, operadores de la estación de bombeo renovada, y técnicos de talleres de electromecánica. Cabe señalar que los operadores de pozos de toma de agua y los operadores de las estaciones de bombeo pertenecen a la empresa de seguridad EMPROSA de ENACAL.

Tabla 1.3 Sistema de gestión de pozos de toma de agua con inversores y destinatarios de Componentes No Estructurales

Sistema de gestión de pozos de toma de agua con inversores		Destinatarios de Componentes No Estructurales	
Guardia permanente durante las 24 horas	15 puntos	Operador	16
Guardia nocturna permanente + patrulla diurna	6 puntos	Operador	6
		Gerente de turno	3
Únicamente patrulla	7 puntos	Gerente de turno	3
Total	28 puntos	Total	28

Fuente: Dirección Operativa de Managua - ENACAL Central

Tabla 1.4 Destinatarios de Componentes No Estructurales de las estaciones de bombeo de

A5. Plan de Componentes No Estructurales

transmisión de agua

Estaciones de bombeo de suministro de agua	Destinatarios de Componentes No Estructurales
Estación de Bombeo Asososca	Operador 4
Estación de Bombeo Altamira	Operador 4
Estación de Bombeo San Judas	Operador 3
Estación de Bombeo Km 18 Carretera Masaya	Operador 3
Estación de Bombeo Km 9.5 Carretera Sur	Operador 3
Estación de Bombeo Km 8.5 Carretera Sur	Operador 3
	Total 20

Fuente: Puesto de Mando de ENACAL Central

Tabla 1.5 Miembros integrantes del taller de electromecánica y destinatarios de Componentes No Estructurales

Rama de actividad	No. de personas	Desglose / Observaciones
Personal técnico en electromecánica	37	8 instructores técnico, 10 técnicos, 19 aprendices
Técnico calificado (máquina herramienta)	6	Técnicos en operación de torno y fresadora y otros procesamientos de metal
Soldador	2	Soldadura por arco eléctrico, soldadura y corte con gas acetileno
Conductor y asistente de conducción de vehículos	15	Vehículos pequeños, vehículos grandes y vehículos especiales
Operador de grúa	2	Camiones grúa, etc.
Técnicos en bombas de agua	13	Reparación total tipo Overhaul y ajustes de la bomba
Otros personales técnicos	7	Perforación de pozos, desinfección con cloro, bobinado y ajuste de motores eléctricos
Personal administrativo	7	Gestión de stock, adquisiciones, contabilidad, asuntos generales
Total	89	

* Destinatarios de Componentes No Estructurales

Fuente: Departamento de Electromecánica de la Dirección de coordinación de especialidades técnicas de ENACAL Central

2. Meta de Componentes No Estructurales

Los presentes Componentes No Estructurales establecen como meta "lograr que ENACAL realice la gestión adecuada de la distribución de agua, así como el uso eficaz de los equipos disponibles que den lugar al suministro eficiente y efectivo del servicio de agua potable".

3. Resultado de Componentes No Estructurales

A continuación, se muestran los resultados esperados de los presentes Componentes No Estructurales y el avance actual de los mismos.

- **Se realiza un monitoreo periódico en el pozo con inversor, y se lleva a cabo una adecuada gestión de la distribución de agua**

El suministro de agua de la bomba de pozo ha sido calculado a partir de la capacidad de bombeo inicial del mismo y el tiempo de funcionamiento, lo que señala que existe una gran diferencia con respecto a la cantidad real de suministro debido a la reducción y deterioro en la eficiencia de la bomba. Además, no se realiza el control de la presión de la distribución de agua ya que la Empresa no efectúa la medición y monitoreo de la presión de agua en el área de suministro de agua.

Si bien el objetivo del presente Proyecto consiste en lograr la optimización de la presión del agua mediante el control de la velocidad de rotación de la bomba luego de la colocación del inversor, la situación requiere de una asistencia técnica de cara a la realización de una adecuada operación y mantenimiento debido a que no disponen de experiencias en materia de medición y monitoreo de la presión en la distribución de agua. Por consiguiente, los presentes Componentes No Estructurales contemplan instruir el método de monitoreo de la cantidad y presión de la distribución de agua, con el fin de maximizar el impacto del presente proyecto con la inclusión de dichos resultados en el plan de distribución de agua.

- **Comprender el método adecuado de operación y mantenimiento de las bombas de transmisión**

Tal como se señala en el punto precedente, la bomba de agua no es objeto de inspecciones y mantenimientos periódicos hasta que llegan a sufrir alguna avería, ni tampoco se toman registros del caudal, presión del agua, voltaje, corriente eléctrica, potencia eléctrica, entre otros, que resultan en factores importantes para el mantenimiento de la bomba. Como consecuencia, no se realiza la gestión y control del área de operación de la bomba, así como de la cantidad de descarga, causando de esta manera la reducción de la eficiencia. Para que las bombas suministradas funcionen durante un largo período de tiempo, se deberán proporcionar instrucciones sobre el método de medición, inspección y mantenimiento de la bomba para comprender el estado operativo de la bomba, que den lugar a la comprensión y puesta en práctica del método adecuado de operación y mantenimiento de la bomba de transmisión de agua, para garantizar de esta manera la sostenibilidad de los equipos suministrados.

4. Método de verificación del grado de cumplimiento de los resultados

La Tabla 4.1 muestra la manera de verificar el grado de cumplimiento de los resultados del presente Componente No Estructural.

Tabla 4.1 Método de verificación del grado de cumplimiento de los resultados

Resultados	Puntos de verificación	Método de verificación
Se realiza un monitoreo periódico en los pozos con inversor, y se lleva a cabo una adecuada gestión de la distribución de agua	<ul style="list-style-type: none"> • Se mide la cantidad de suministro de agua y la presión de descarga en los pozos con inversores. • Se mide la presión de alimentación en el área de la distribución de agua del pozo con inversor. • Se analiza los resultados de la medición del caudal y de la presión de agua. • Se formula el plan de distribución de agua estableciendo previamente el estándar de control de la velocidad de rotación del pozo a partir del resultado del análisis realizado. • Indican cuantitativamente el efecto del inversor, conociendo la reducción del consumo de energía eléctrica y de la cantidad de agua suministrada registrada antes y después de la colocación del inversor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de medición de la cantidad de suministro de agua • Registro de medición de presión de agua. • Informe de resultados de mediciones • Plan de distribución de agua
Comprender el método adecuado de operación y mantenimiento de las bombas de transmisión	<ul style="list-style-type: none"> • Comprenden y llevan a la práctica la inspección de rutina y periódica necesaria para la operación y mantenimiento de la bomba. • Se elabora el Procedimiento Operativo Estándar (POE) o Standard Operating Procedure (SOP) de las inspecciones de rutina y periódicas, es debidamente utilizado por los funcionarios de ENACAL. • Se realiza la medición, registro y análisis del nivel de agua, caudal, presión, corriente eléctrica, voltaje, potencia eléctrica, vibraciones y temperatura. • Conocen y detectan los movimientos anormales durante el funcionamiento de la bomba, así como las causas y las medidas necesarias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de capacitación, registro de inspección. • POE de inspecciones • Informe de resultados de mediciones • Registro de capacitación.

5. Actividades de Componentes No Estructurales (Plan de Inversión)

5.1. Lineamientos de Inversión

Los presentes Componentes No Estructurales consisten en una modalidad de asistencia directa a través del envío de expertos japoneses, cuyos interpretes necesarios para la transferencia tecnológica, así como el personal de apoyo para la elaboración de los materiales didácticos para la capacitación en español serán contratados a nivel local. La presente contempla el envío de 2 expertos, uno a cargo del plan de distribución de agua para el fortalecimiento de la capacidad de gestión en la distribución de agua de los inversores, y otro, a cargo de electromecánica para el fortalecimiento de la capacidad de mantenimiento de las bombas de transmisión.

5.2. Plan de Inversión de Componentes No Estructurales

Las actividades de los presentes Componentes No Estructurales (Plan de Inversión) se describen en la Tabla 5.1. Asimismo, en la Tabla 5.2 y Tabla 5.3 se muestra el plan detallado de actividades locales en los respectivos resultados.

Tabla 5.1 Actividades de Componentes No Estructurales (Plan de Inversión)

Resultado	Contenido de la actividad	Inversiones necesarias
Se realiza un monitoreo periódico en el pozo con inversor, y se lleva a cabo una adecuada gestión de la distribución de agua	<ul style="list-style-type: none"> Llevar a cabo capacitaciones en sala de clases acerca de conocimientos básicos sobre la gestión de la distribución de agua. Medir (como pozo piloto) la cantidad de agua suministrada durante 24 horas (cantidad de agua bombeada desde el pozo) en algunas de las bombas con inversores instalados. Además, se mide la presión de agua a 24 horas en la cantidad necesaria de tuberías de suministro, utilizando las tuberías de suministro de agua instaladas en el área de distribución de los pozos objetos. Ordenar el Informe de resultados de las mediciones y graficar los datos obtenidos para una mayor comprensión visual, al tiempo de realizar el análisis y observaciones de los resultados de la medición para elaborar el informe de resultados de mediciones. Establecer el nivel o grado de control por inversor en base al resultado del análisis y medir nuevamente el caudal y la presión de agua para verificar la diferencia. Establecer el nivel o grado óptimo de control del inversor y elaborar el Plan de Distribución de Agua. Elaborar el Plan de Ejecución para que ENACAL pueda trabajar de manera independiente en el resto de los puntos a colocar el inversor, e instruir para que se lleve a cabo una adecuada gestión en la distribución de agua. Elaborar el Informe de Componente No Estructural y el Manual de Operación y Mantenimiento (en español de un total de 30 páginas). 	<p><u>Experto japonés</u> 1.50MM</p> <p><u>Personal local</u> 1.33MM</p>
Comprender el método adecuado de operación y mantenimiento de las bombas de transmisión	<ul style="list-style-type: none"> Llevar a cabo capacitaciones en sala de clases acerca de conocimientos básicos sobre el mantenimiento, método de mantenimiento, inspección y reparaciones de la bomba de transmisión. Elaborar una Lista de Inspección Rutinaria que incluya reservorios, bombas, motores y tableros de suministro de forma adaptada a cada estación de bombeo. Elaborar igualmente la Lista de Inspección Periódica, así como el Procedimiento Operativo Estándar (POE) en la operación y mantenimiento de las estaciones de bombeo. Medir la cantidad de agua, la presión, el voltaje/corriente eléctrica/potencia eléctrica con respecto al método de medición para efectuar un adecuado trabajo de mantenimiento. Ordenar los resultados de las mediciones y graficar los datos para lograr una mayor comprensión visual, al tiempo de calcular el factor de potencia y la tasa de consumo de energía eléctrica de la bomba, realizar el análisis y discusiones de resultado obtenido y elaborar el Informe de Resultados de las Mediciones. Elaborar el Informe de Componentes No Estructurales y el Manual de Operación y Mantenimiento (en español de un total de 30 páginas). 	<p><u>Experto japonés</u> 1.60MM</p> <p><u>Personal local</u> 1.43MM</p>

Tabla 5.2 Plan detallado de actividades locales (Plan de Distribución de Agua)

Día	Día de la semana	Detalles de la actividad
1	Sábado	Traslado
2	Domingo	Traslado
3	Lunes	• Presentación y discusiones con ENACAL Central sobre la sinopsis de la implementación del Componente No Estructural. • Información de arriba y explicaciones sobre el contenido de las actividades a la Oficina de JICA en Nicaragua.
4	Martes	• Elaboración de materiales para la "Capacitación básica en gestión de distribución de agua". • Discusiones para la ejecución de la "Capacitación básica en gestión de distribución de agua" (participantes, lugar, logística).
5	Miércoles	• Elaboración de materiales para la "Capacitación básica en gestión de distribución de agua".
6	Jueves	• Elaboración de materiales para la "Capacitación básica en gestión de distribución de agua".
7	Viernes	• Ejecución de la "Capacitación básica en gestión de distribución de agua".
8	Sábado	Día libre
9	Domingo	Día libre
10	Lunes	• Elaboración, discusión y explicación del Plan de medición a 24 horas en los puntos donde son colocados los inversores.
11	Martes	• Estudio de campo del lugar de medición y preparativos de los equipos necesarios para la medición.
12	Miércoles	• Realización de la medición de caudal y presión de agua a 24 horas (inicio en el punto piloto A).
13	Jueves	• Realización de la medición de caudal y presión de agua a 24 horas (punto piloto A completado, inicio en el punto piloto B).
14	Viernes	• Realización de la medición de caudal y presión de agua a 24 horas (punto piloto B completado, inicio en el punto piloto C).
15	Sábado	• Realización de la medición de caudal y presión de agua a 24 horas (punto piloto C completado).
16	Domingo	Día libre
17	Lunes	• Ordenamiento y análisis de los resultados de la medición de caudal y presión de agua a 24 horas.
18	Martes	• Ordenamiento, análisis y elaboración de Informe de los resultados de la medición de caudal y presión de agua a 24 horas.
19	Miércoles	• Configuración del control del inversor basado en los resultados de la medición de caudal y presión de agua a 24 horas.
20	Jueves	• Preparativos de la capacitación básica sobre configuración del control del inversor basado en los resultados de la medición de caudal y presión de agua a 24 horas.
21	Viernes	• Capacitación básica sobre configuración del control del inversor basado en los resultados de la medición de caudal y presión de agua a 24 horas.
22	Sábado	Día libre
23	Domingo	Día libre
24	Lunes	• Realización de la medición de caudal y presión de agua a 24 horas (luego de la configuración del control) (inicio en el punto piloto A).
25	Martes	• Realización de la medición de caudal y presión de agua a 24 horas (luego de la configuración del control) (punto piloto A completado, inicio en el punto piloto B).
26	Miércoles	• Realización de la medición de caudal y presión de agua a 24 horas (luego de la configuración del control) (punto piloto B completado, inicio en el punto piloto C).
27	Jueves	• Realización de la medición de caudal y presión de agua a 24 horas (luego de la configuración del control) (punto piloto C completado).
28	Viernes	• Ordenamiento y análisis de los resultados de la medición de caudal y presión de agua a 24 horas (luego de la configuración del control).
29	Sábado	Día libre
30	Domingo	Día libre
31	Lunes	• Ordenamiento, análisis y elaboración de Informe de los resultados de la medición de caudal y presión de agua a 24 horas (luego de la configuración del control).
32	Martes	• Configuración del control del inversor basado en los resultados de la medición de caudal y presión de agua a 24 horas.
33	Miércoles	• Formulación del Plan de Ejecución en los puntos donde son colocados los inversores (25 puntos restantes).
34	Jueves	• Formulación del Plan de Ejecución en los puntos donde son colocados los inversores (25 puntos restantes).
35	Viernes	• Formulación del Plan de Ejecución en los puntos donde son colocados los inversores (25 puntos restantes).
36	Sábado	Día libre
37	Domingo	Día libre
38	Lunes	• Preparativos para la capacitación sobre el método de mantenimiento, reparación y reposición del inversor.
39	Martes	• Capacitación sobre el método de mantenimiento, reparación y reposición del inversor.
40	Miércoles	• Elaboración del Informe de Componentes No Estructurales
41	Jueves	• Elaboración del Informe de Componentes No Estructurales
42	Viernes	• Información del resultado de la ejecución de Componentes No Estructurales con ENACAL Central. • Información sobre las actividades desarrolladas a la Oficina de JICA en Nicaragua.
43	Sábado	Traslado
44	Domingo	Traslado
45	Lunes	Traslado

Tabla 5.3 Plan detallado de actividades locales (Electromecánica)

Día	Día de la semana	Detalles de la actividad
1	Domingo	Traslado
2	Lunes	Traslado
3	Martes	* Presentación y discusiones con ENACAL Central sobre la sinopsis de la implementación del Componente No Estructural. * Información de arribo y explicaciones sobre el contenido de las actividades a la Oficina de JICA en Nicaragua.
4	Miércoles	* Elaboración de materiales didácticos de la "Capacitación básica sobre el mantenimiento de la bomba de transmisión". * Discusiones para la ejecución de la capacitación arribo señalado (participantes, lugar, logística).
5	Jueves	* Elaboración de materiales didácticos de la "Capacitación básica sobre el mantenimiento de la bomba de transmisión".
6	Viernes	* Elaboración de materiales didácticos de la "Capacitación básica sobre el mantenimiento de la bomba de transmisión".
7	Sábado	Día libre
8	Domingo	Día libre
9	Lunes	* Ejecución de la "Capacitación básica sobre el mantenimiento de la bomba de transmisión".
10	Martes	* Ensayo de campo de los puntos donde la bomba de transmisión es renovada (7 puntos).
11	Miércoles	* Elaboración de la Lista de Inspección Diaria / Elaboración de la Lista de Inspección Periódica
12	Jueves	* Elaboración de la Lista de Inspección Diaria / Elaboración de la Lista de Inspección Periódica
13	Viernes	* Elaboración de la Lista de Inspección Diaria / Elaboración de la Lista de Inspección Periódica
14	Sábado	Día libre
15	Domingo	Día libre
16	Lunes	* Elaboración, discusión y explicación del plan de medición de la bomba de transmisión a 24 horas.
17	Martes	* Ejecución de medición de caudal, presión de agua, potencia, voltaje y corriente eléctrica a 24 horas (inicio en la bomba de transmisión A).
18	Miércoles	* Ejecución de medición de caudal, presión de agua, potencia, voltaje y corriente eléctrica a 24 horas (bomba de transmisión A completada, inicio en la bomba de transmisión B).
19	Jueves	* Ejecución de medición de caudal, presión de agua, potencia, voltaje y corriente eléctrica a 24 horas (bomba de transmisión B completada, inicio en la bomba de transmisión C).
20	Viernes	* Ejecución de medición de caudal, presión de agua, potencia, voltaje y corriente eléctrica a 24 horas (bomba de transmisión C completada, inicio en la bomba de transmisión D).
21	Sábado	* Ejecución de medición de caudal, presión de agua, potencia, voltaje y corriente eléctrica a 24 horas (bomba de transmisión D completada).
22	Domingo	Día libre
23	Lunes	* Ejecución de medición de caudal, presión de agua, potencia, voltaje y corriente eléctrica a 24 horas (inicio en la bomba de transmisión E).
24	Martes	* Ejecución de medición de caudal, presión de agua, potencia, voltaje y corriente eléctrica a 24 horas (bomba de transmisión E completada, inicio en la bomba de transmisión F).
25	Miércoles	* Ejecución de medición de caudal, presión de agua, potencia, voltaje y corriente eléctrica a 24 horas (bomba de transmisión F completada, inicio en la bomba de transmisión G).
26	Jueves	* Ejecución de medición de caudal, presión de agua, potencia, voltaje y corriente eléctrica a 24 horas (bomba de transmisión G completada).
27	Viernes	* Ordenamiento y análisis del resultado de la medición de caudal, presión de agua, potencia, voltaje y corriente eléctrica a 24 horas.
28	Sábado	Día libre
29	Domingo	Día libre
30	Lunes	* Ordenamiento, análisis y elaboración de informe del resultado de la medición de caudal, presión de agua, potencia, voltaje y corriente eléctrica a 24 horas.
31	Martes	* Ordenamiento, análisis y elaboración de informe del resultado de la medición de caudal, presión de agua, potencia, voltaje y corriente eléctrica a 24 horas.
32	Miércoles	* Elaboración de POE para la operación y mantenimiento
33	Jueves	* Elaboración de POE para la operación y mantenimiento
34	Viernes	* Preparativos para la capacitación sobre métodos de mantenimiento, reparación y reposición de la bomba de transmisión.
35	Sábado	Día libre
36	Domingo	Día libre
37	Lunes	* Preparativos para la capacitación sobre métodos de mantenimiento, reparación y reposición de la bomba de transmisión.
38	Martes	* Preparativos para la capacitación sobre métodos de mantenimiento, reparación y reposición de la bomba de transmisión.
39	Miércoles	* Capacitación sobre métodos de mantenimiento, reparación y reposición de la bomba de transmisión
40	Jueves	* Elaboración del Informe de Componente No Estructural.
41	Viernes	* Elaboración del Informe de Componente No Estructural.
42	Sábado	Día libre
43	Domingo	Día libre
44	Lunes	* Elaboración del Informe de Componente No Estructural
45	Martes	* Información del resultado de la ejecución del Componente No Estructural con ENACAL Central. * Información sobre el desarrollo de actividades a la Oficina de JICA en Nicaragua.
46	Miércoles	Traslado
47	Jueves	Traslado
48	Viernes	Traslado

La inversión en capital humano consiste en el envío de expertos japoneses y en la contratación del personal local, cuyas actividades se dividen en términos generales de la siguiente manera.

Tabla 5.4 División del trabajo del personal invertido

Inversión de recurso humano	Detalle de las actividades
Expertos japoneses (Plan de Distribución de Agua / Electromecánica)	<ul style="list-style-type: none"> • Discusiones, explicaciones y coordinaciones con ENACAL Central. • Generalidades de cada área, elaboración de materiales didácticos para la capacitación, realización de cursos de capacitación (formador). • Elaboración del plan de medición de caudal, registro de las mediciones y elaboración del formato para el informe de resultados de las mediciones. • Elaboración del Plan de Distribución de Agua y del Procedimiento Operativo Estándar (POE). • Análisis del contenido y volumen de trabajo de las operaciones actuales y propuesta de mejoramiento. • Evaluación del grado de cumplimiento de los resultados esperados.
Personal local (Plan de Distribución de Agua / Electromecánica)	<ul style="list-style-type: none"> • Contactos y coordinación con la contraparte. • Traducción de los materiales para la capacitación elaborados por los expertos japoneses (del inglés al español). • Trabajo de intérprete durante las actividades de los expertos japoneses (del inglés al español). • Apoyo y ayuda a los diversos cursos de capacitación. • Gestión y control de equipos al momento de la medición del caudal y/o presión, y apoyo a los preparativos de las mediciones.

La siguiente Tabla 5.5 muestra el Plan de Inversión de Componentes No Estructurales. El experto del Plan de Distribución de Agua será enviado al culminar la colocación de inversores en varios puntos de proyecto, mientras que el envío del experto en Electromecánica se realizará una vez terminada la colocación de todas las bombas de transmisión de agua.

Tabla 5.5 Plan de inversión de Componentes No Estructurales

Inversión	2023						2024		Meses-Hombre	
	7	8	9	10	11	12	1	2	Local	Japón
Experto japonés										
Plan de Distribución de Agua			■	■					1.50	0.00
Electromecánica					■	■			1.60	0.00
Total									3.10	0.00
Personal local										
Plan de Distribución de Agua			■	■					1.33	0.00
Electromecánica					■	■			1.43	0.00
Total									2.76	0.00

6. Método de adquisición de recursos para la implementación de Componentes No Estructurales

Debido a las razones abajo señaladas, los Componentes No Estructurales se llevan a cabo bajo la modalidad de asistencia directa por parte de consultores japoneses, y que contempla, además, el uso del personal local para la consecución de interprete, traductor de documentos, y asistente para la elaboración de documentos, que contribuyan al desarrollo fluido del Proyecto.

- Aunque la operación y mantenimiento de los proyectos de agua potable en Nicaragua es llevado a cabo por ENACAL, existe una falta de profesionales consultores locales con experiencias en materia de operación y mantenimiento del sistema e instalaciones de agua potable.
- Existe una escasez de técnicos que puedan controlar de manera estricta el proceso y avance de los trabajos siguiendo la línea y programación del plan.
- ENACAL espera contar con la tecnología, conocimientos y experiencias de Japón acerca de la operación y mantenimiento del sistema e instalaciones de agua potable.

7. Cronograma de Ejecución de Componentes No Estructurales

El cronograma general de ejecución de Componentes No Estructurales (Tentativo) es como sigue.

Tabla 7.1 Cronograma de Ejecución (Tentativo)

Año/Mes	2023												2024	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
Número total de meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Suministro de equipos														
Fabricación de equipos	████████████████													
Transporte de equipos						████████								
Obras de montaje / Obras aeras							██							
Prueba de aceptación / Entrega													██████████	
Componentes No Estructurales														
Plan de Distribución de Agua									████████					
Electromecánica												████████		

Tabla 7.2 Cronograma de Ejecución de Componentes No Estructurales (tentativo)

Número total de días	5	10	15	20	25	35	40	45	50
1. Plan de Distribución de Agua	Trabajo/Información					Información/trabajo			
(1) Capacitación básica sobre gerencia de distribución de agua	■								
(2) Medición de la cantidad de suministro de agua / presión de agua a 24 horas			■						
(3) Análisis y elaboración del Informe del resultado de la medición				■					
(4) Configuración del control del inversor, recomedición, elaboración del					■				
(5) Elaboración del plan de operación en el sitio de las áreas de suministro							■		
2. Electromecánica	Trabajo/Información					Información/Trabajo			
(1) Capacitación básica sobre el mantenimiento de la bomba de transmisión	■								
(2) Elaboración de la Lista de Inspección Rutinaria / Elaboración de la Lista de Inspección Periódica			■						
(3) Medición de la cantidad de agua, presión, voltaje, corriente y potencia eléctrica					■				
(4) Análisis, consideración y elaboración de informe del resultado de la medición						■			
(5) Elaboración de POE para la operación y mantenimiento							■		

8. Productos de Componentes No Estructurales

Los productos (resultados) de las actividades de los componentes no estructurales son como se detallan a continuación. Por su parte, el Informe de Conclusión de los Componentes No Estructurales se ajusta a la "Guía de Componentes No Estructurales (versión 4)" (noviembre de 2020).

- Informe de Conclusión de Componentes No Estructurales
- Materiales para la capacitación
- Informe de Resultados de Mediciones, Plan de Ejecución de Distribución de Agua con Inversores en los puntos colocados.
- Procedimiento Operativo Estándar (POE) para la operación y mantenimiento de las bombas de transmisión (incluye la tabla de inspección rutinaria y tabla periódica).

9. Estimación del costo de Componentes No Estructurales

La inversión de Componentes No Estructurales consiste de: 1,50 MM (hombre/mes) para expertos en plan de distribución de agua, 1,60 MM (hombre/mes) para expertos en electromecánica y 2,76 MM

Los costos estimados del proyecto no se divulgarán hasta la certificación del contrato de adquisición.

10. Responsabilidades del País Receptor

Las responsabilidades del lado nicaragüense con respecto a la implementación de Componentes No Estructurales son los siguientes.

- **Prestación de equipos necesarios para la medición:**
Prestación de equipos disponibles en ENACAL como: caudalímetro electromagnético y ultrasónico, manómetro de presión, Data Logger (registrador de datos), amperímetro, multímetro, etc. para la medición del caudal, presión de agua, corriente eléctrica, voltaje y potencia eléctrica a realizarse en el marco del presente Componente No Estructural.
- **Desarrollo adecuado de la gestión en la distribución de agua y transmisión de la capacidad técnica:**
ENACAL llevará a cabo una adecuada gestión del suministro y distribución de agua aplicando conocimientos y técnicas aprendidas a través de la implementación de Componentes No Estructurales. Además, ENACAL creará dentro de su organismo un sistema de transferencia de tecnologías para que las técnicas vinculadas a la operación y mantenimiento de las instalaciones de distribución de agua puedan ser transferidas al personal técnico y funcionarios de la Empresa, para mantener y preservar su capacidad técnica.
- **Desarrollo de actividades continuas y creación de un sistema de informe y supervisión:**
Establecer un sistema que permita remitir informaciones e informes a la directiva de ENACAL de manera periódica y autónoma acerca de las actividades desarrolladas, así como un sistema de supervisión, para garantizar que ENACAL lleve a cabo de manera continua una adecuada operación, mantenimiento, elaboración y actualización de los registros de actividades, así como el reporte de las actividades correspondientes a las instalaciones de transmisión y distribución de agua, aún después del término del plazo de Componentes No Estructurales.

A6-1. Notas Técnicas

NOTAS TÉCNICAS
EN
EL ESTUDIO PREPARATORIO DEL PROYECTO
PARA MEJORA DEL SUMINISTRO DE AGUA EN LA CIUDAD DE MANAGUA
EN LA REPÚBLICA DE NICARAGUA

Con base en el Acta de Discusiones (en adelante "M / D") del Estudio Preparatorio del Proyecto de Mejoramiento del Abastecimiento de Agua en la Ciudad de Managua en la República de Nicaragua (en adelante "el Proyecto") firmado en mayo 17 de 2021 entre la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (en adelante "JICA") y la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (en adelante "ENACAL"), del Gobierno de Nicaragua, los miembros consultores de la Encuesta Preparatoria de JICA El equipo (en lo sucesivo, "el equipo") tuvo una serie de discusiones y realizó encuestas de campo desde el 21 de abril y continuará hasta el 5 de junio de 2021.

Como resultado de las discusiones y las encuestas, ambas partes (ENACAL y el Equipo) confirmaron las condiciones técnicas descritas en las hojas adjuntas de esta nota.

Cabe señalar que esta nota técnica no implica el compromiso del alcance del proyecto, implementación del proyecto, diseño y método a implementar. El alcance final del proyecto, la implementación del proyecto, los diseños, etc. serán decididos por el Gobierno de Japón.

junio 01^{ro}, 2021


Iván García Olivera
Director de Planificación
ENACAL


Jader Grillo
Gerente de Operaciones
ENACAL


Mr. HADA Satoru
Chief Consultant
JICA Study Team

ADJUNTOS

Ambas partes acordaron y confirmaron los siguientes puntos.

1. Lista de equipo

En el M / D, JICA y ENACAL han acordado la lista de Equipos que se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Lista de equipo

No	Equipos	Cantidad
1	Reservorios (macrosector Asososca Alta, macrosector Asososca Baja)	2 lugares
2	Equipos de reparación de fugas (Puente acueducto donde hay fugas de agua)	3 unidades
3	Remodelación del Taller de electromecánica (equipos de carga y descarga, equipos de mecanizado, equipos eléctricos y vehículos)	1 lugar
4	Variadores (Los detalles de los lugares donde se instalarán variadores serán consensuados en la Nota técnica al finalizar el Primer estudio de campo)	25-35 lugares
5	Bombas de transmisión de agua (3 bombas en la Estación de bombeo de Altamira, 2 en Asososca, 2 en Km8 Carretera a Masaya, 2 en San Judas, 1 en Km18 Carretera Masaya, 1 en Km8 Carretera Sur y 1 en Km9.5 Carretera Sur)	12 unidades
6	Válvula de control de caudal (Reservorio San Judas)	1 lugar
7	Equipos para contribuir a las actividades de reducción de ANF	1 juego

(1) Variadores

El equipo explicó la ubicación candidata para instalar los inversores (consulte el ANEXO-1). La ubicación final la decidirá el análisis en Japón. El Equipo sugirió a ENACAL lo siguiente.

- Iniciar la operación de nuevas instalaciones de bombeo en Shell Metrocentro hasta finales de septiembre.
- Reemplazar la bomba de motor vertical a bomba sumergible en la medida de lo posible, porque la bomba de motor vertical tiene un ciclo de vida más bajo en comparación con la bomba sumergible.
- Informar al equipo cuando la bomba candidata pueda quedar fuera de funcionamiento.

(2) Taller de electromecánica

El Equipo explicó la lista detallada de equipos (borrador) a ENACAL (consulte el ANEXO-2). Tanto ENACAL como el Equipo acordaron el borrador de la lista de equipamiento del Taller de electromecánica. La lista final se decidirá mediante el análisis en Japón. El Equipo solicitó a ENACAL lo siguiente.

- Retirar los equipos existentes y preparar espacios libres cuando se implementen las obras de instalación (2022).
- Para preparar los bancos de trabajo para la taladradora de banco y la amoladora de banco
- Para preparar el estante de almacenamiento para almacenar adecuadamente varias herramientas manuales, pequeñas herramientas eléctricas, herramientas de medición,

herramientas de medición electrónicas, etc.

2. Investigaciones técnicas

El Equipo está implementando investigaciones técnicas mediante la subcontratación a empresas locales. El Equipo solicitó a ENACAL las asistencias necesarias para obtener permiso para ingresar a sus parcelas, permiso para excavar para perforación geológica. Las investigaciones técnicas en curso se muestran en la Tabla-2.

Tabla 2: Lista de investigaciones

No	Investigaciones	Compañías Subcontratadas
1	levantamiento topográfico	ING. Jairo Camilo Perez Pastrana
2	levantamiento geográfico	Ingeniería de Materiales, S.A. - nicaSolum
3	Análisis de la calidad del agua	
4	Investigación del nivel del agua	

3. Área de responsabilidad de las partes

Como acordamos en M / D, el Equipo propuso el área de responsabilidad para la realización de los trabajos que se muestran en la Tabla 3. Los detalles de los compromisos para el reemplazo de las bombas de distribución se muestran en ANEXO-3.

Tabla 3: Área de responsabilidad de las partes

No	Equipamiento	Responsabilidad de Nicaragua	Responsabilidad de Japon
1	Variadores	Asegurar el espacio de instalación y la nivelación	Instalación de un cobertizo Instalación de inversores Conexión de cables Instalación de manómetro
2	Bombas de transmisión de agua	Instalación de tuberías de conexión, Conexión de cables, Eliminación de instalaciones existentes	Instalación de bombas, motores, paneles, válvulas y tuberías. Fundación de bombas, motores y paneles
3	Reservorios	Garantizar instrumentos ambientales, seguimiento Preparación del terreno (movimientos de tierra)	Trabajos de cimentación, Trabajos de instalación Trabajos de conexión de tuberías, incluidas válvulas
4	Equipos de reparación de fugas	Solicitud de permiso de carretera para instalación de grúas	Trabajos de andamios, Trabajo de instalación, Limpieza de tuberías, Pintura e instalación de barandas de inspección.
5	Remodelación del Taller de electromecánica	Asegurar el espacio de instalación, Eliminación de instalaciones existentes	Trabajos de cimentación para grúas y tornos Instalación del panel
6	Obras Comunes	Adquisición de los permisos necesarios, Asistencias de exención fiscal	

Además, el Equipo recuerda a ENACAL los trabajos relacionados con la ejecución de ENACAL los cuales se acuerdan en M / D. Los siguientes trabajos se completarán en la fecha prometida.

- Obras de reparación de fugas en el reservorio de Altamira (antes de finales de septiembre del 2021)
- Obras de reparación de tuberías en el reservorio de Seminario (antes de finales de noviembre del 2021)

4. Adquisición de datos

El Equipo está solicitando los datos, información, dibujos e informes a ENACAL. ENACAL acordó preparar los datos solicitados lo antes posible.

El equipo planea tener datos de referencia en las estaciones de bombeo. El equipo solicitó a ENACAL el permiso para implementar una prueba de flujo de agua / presión / consumo de energía en las estaciones de bombeo propuestas.

5. Consideraciones sociales y ambientales

ENACAL acordó desempeñar el papel principal de realizar las actividades de Autorización Ambiental seguido por el decreto ejecutivo No. 20-2017 aprobado el 28 de noviembre de 2017. Ambas partes confirmaron que el reasentamiento no ocurriría en la implementación del proyecto. Ambas partes confirmaron que las ubicaciones propuestas para la instalación del tanque reservorio están ubicadas en terrenos propios de ENACAL. ENACAL proporcionará el informe catastral al Equipo.

6. Componente blando

En cuanto a la gestión de operación y mantenimiento del Taller e Inversores, se introducirán de nuevo los equipos y sistemas a adquirir / instalar. Por lo tanto, es necesario educar y capacitar al personal actual sobre cómo usar el equipo y cómo administrar el sistema de distribución. Ambas partes acordaron que la capacitación del equipo recién instalado / adquirido se llevará a cabo en el Proyecto.

7. Estudio de abundancia de agua subterránea

El equipo ahora está adquiriendo los datos necesarios, información de ENACAL, organizaciones relacionadas e investigaciones del sitio. La simulación de agua subterránea se analizará en Japón utilizando datos adquiridos. El seminario de capacitación y taller se llevará a cabo en octubre cuando el Equipo regresará a Nicaragua. Ambas partes confirmaron que el software de simulación de aguas subterráneas debe ser considerado de uso sostenible en ENACAL. El software se decidirá en la discusión entre los Ingenieros de ENACAL y los Expertos del Equipo.

El Equipo solicitó a ENACAL seleccionar a las personas adecuadas (5-6) para participar en la capacitación que se realizará en octubre. Los alumnos serán las personas que realicen el análisis y la planificación de los trabajos.

Anexo-1: Ubicación candidata para la instalación de variadores

No	ID	Nombre del pozo	Capacidad de la bomba		Producción de agua		Beneficiarios		Evaluación TOTAL	Nota
			HP	Eval. ①	m ³ /h	Eval. ②	Número de personas	Eval. ③		
1	ID 00072	Bello Horizonte	150	8	260.5	9	4,704	10	27	
2	ID 00087	Rafaela Herrera	150	8	263.4	9	4,222	9	26	
3	ID 00159	Buenos Aires	150	8	197.4	7	4,357	9	24	
4	ID 00083	Monseñor Leciano	125	7	229.9	8	3,833	8	23	
6	ID 00091	Mercado Oriental	125	7	225.1	8	2,771	6	21	
7	ID 00079	Shed Metrocentro	125	7	181.3	7	2,787	6	20	IDB
8	ID 00158	Santa Rosa (B Horizonte #2)	150	8	166.3	6	2,969	6	20	
9	ID 00025	Bentón Calderón	150	8	163.6	6	2,612	6	20	
10	ID 00176	Portezuelo N° 02	125	7	122.4	5	3,137	7	19	
-	ID 00084	Las Brisas	125	7	205.6	7	2,065	5	19	Insatisfcho
11	ID 00090	Olot Palmes	125	7	172.5	6	2,833	6	19	
12	ID 00026	Veloz Paiz	150	8	146.5	5	2,744	6	19	
13	ID 00034	30 de Mayo #2	175	9	157.7	6	1,567	4	19	
14	ID 00041	M.T.I.	100	5	172.4	6	3,312	7	18	
15	ID 00089	San Antonio	100	5	202.0	7	2,573	6	18	
16	ID 00088	Tenderí	125	7	148.6	5	2,659	6	18	
17	ID 00082	Julia Martínez	150	8	134.2	5	2,494	5	18	
18	ID 00175	Portezuelo N° 01	100	5	171.6	6	2,787	6	17	
19	ID 00074	Parque Las Madres	100	5	153.3	6	2,787	6	17	
20	ID 00166	Jorge Dimitrov	100	5	155.2	6	2,527	6	17	IDB
21	ID 00085	Los Gauchos	125	7	137.4	5	2,230	5	17	
22	ID 00169	La Luz	125	7	137.1	5	2,177	5	17	IDB
23	ID 00066	Loma Linda (Sierra Maestra)	200	10	63.1	3	1,692	4	17	
24	ID 00023	Hospital del rudo	125	7	117.7	4	2,144	5	16	
25	ID 00120	La Merced	150	8	127.8	5	1,220	3	16	
26	ID 00035	San Antonio Sur	150	8	107.0	4	1,979	4	16	
27	ID 00022	Rpb. Schick N° 4	175	9	60.5	2	2,091	5	16	IDB
28	ID 00042	Bouiques de San Isidro	200	10	86.5	3	1,049	3	16	
29	ID 00099	Seminia	200	10	56.4	2	1,682	4	16	
30	ID 00164	Donatello	125	7	82.0	3	2,002	5	15	
31	ID 00174	Milagro de Dios	125	7	69.3	3	2,002	5	15	
32	ID 00161	Camilo Ortega #2	175	9	80.1	3	1,392	3	15	
33	ID 00180	Tiempo Sur	175	9	64.3	3	1,385	3	15	
34	ID 00024	Mancón Miralles	100	5	104.2	4	1,834	4	13	IDB

HP	Eval.
0~20	1
21~40	2
41~60	3
61~80	4
81~100	5
101~120	6
121~140	7
141~160	8
161~180	9
181~200	10

m ³ /h	Eval.
0~30	1
31~60	2
61~90	3
91~120	4
121~150	5
151~180	6
181~210	7
211~240	8
241~270	9
271~300	10

Personas	Eval.
0~500	1
501~1000	2
1001~1500	3
1501~2000	4
2001~2500	5
2501~3000	6
3001~3500	7
3501~4000	8
4001~4500	9
4501~5000	10

Anexo-2: Lista de equipos para Taller de electromecánica

No.	Categoría	Artículo	Especificaciones	Cantidad	Observación	
1	Equipo de manejo de materiales	1) Bloque de cadena eléctrico con carro motorizado	Capacidad 5t,	1 unidad	Para reparación / prueba de descarga de bomba sumergible / instalación de pozo de prueba	
		2) Grúa pórtico portátil	Capacidad 3t,	1 unidad	Para levantar objetos pesados (motores, bombas) en las instalaciones.	
		3) Grúa de piso móvil	Capacidad 1t,	1 unidad	Para levantar artículos de peso medio y ligero (piezas de repuesto, materiales procesados) en las instalaciones.	
		4) Suministros de trabajo con cabestrillo	Eslinga de nailon, alambre, grillete, etc.	5 juegos	Para trabajos de eslinga con el uso de las grúas anteriores.	
		5) Equipo de apoyo al transporte	Palés, transpaletas, carros, pinzas de carga, gatos hidráulicos, etc.	1 juego	Equipo de apoyo al taller para llevar equipaje dentro y fuera de las instalaciones.	
	Mecanizado		1) Prensa hidráulica	Capacidad 489N Accesorios de prensa incluidos	1 unidad	Montaje a presión de cojinetes, desmontaje de piezas fijas, etc.
			2) Torno de uso general	La distancia entre corazones es de unos 1.500 mm	1 unidad	Reparación y nueva producción de piezas rotativas para bombas
			3) Mandriles de torno, mordeduras de herramientas	Refinado por la investigación continua	1 juego	Lo mismo que arriba
			4) Fresadora, Universal	Vertical y Horizontal	1 unidad	El fresado es el proceso de mecanizado que utiliza cortadores giratorios para eliminar material haciendo avanzar un cortador en una pieza de trabajo. Se determinarán los detalles
			5) Tornillo de banco de fresado (base giratoria) y herramientas de corte para fresadora	Hay fresas, sierras de corte de metal, fresas laterales, fresas lisas, fresas de engranajes, etc.	1 juego	
			6) Taladro vertical	Capacidad de taladrado (en robo) 6mm 32 Capacidad de roscado (en robo) M16	1 unidad	Perforación / roscado de acero
		7) Herramienta de corte de taladro dedicada mencionada anteriormente, mandíbula	Hoja de taladro, hoja roscadora, tornillo de banco fijo	1 juego	Perforación de acero de pequeño diámetro	
		8) Taladradora de sobremesa / accesorios	Diámetro de perforación 13 mm	1 unidad	Para trabajos ligeros	
		9) Cortadora abrasiva de alta velocidad	Barra de diámetro de corte de acero 75 mm	1 unidad	Para corte de acero	
		10) Tipo accionado por motor diesel del generador del motor	10kVA, 280A	1 unidad	Para diversos trabajos de soldadura en interiores y exteriores	
		11) Varillas de soldadura, herramientas y dispositivos de protección de seguridad dedicados	Cables, varillas de soldadura diversas, superficies de soldadura, etc.	1 juego		

No.	Categoría	Artículo	Especificaciones	Cantidad	Observación		
2	Mecanizado	anteriormente					
		12) Juego de soldador a gas	Reguladores, linternas, equipos de protección, etc.	1 juego	Para procesamiento de acero, soldadura fuerte, soldadura con gas		
		13) Igual que el cilindro de acetileno / oxígeno anterior	Para llenado de gas, con carro	1 juego	Lo mismo que arriba		
		14) Herramientas de mano y cajas de almacenamiento	Varias llaves, destornilladores, herramientas de medición	Múltiple para cada artículo	Herramientas básicas esenciales y herramientas de medición.		
		15) Herramientas manuales de uso general / especiales, herramientas grandes	Llave para tubos, cortadora de pernos, llave inglesa, etc.	Múltiple para cada artículo	Para trabajos generales en las instalaciones		
		16) Herramientas / accesorios eléctricos de uso general	Amoladora eléctrica (de escritorio, portátil)	1 juego	Lo mismo que arriba		
		17) Compresor de aire	11KW, 0.95Mpa	1 unidad	Limpieza de aire de piezas y fuente de aire de eficiencia de trabajo		
		18) Accesorios y herramientas para lo mismo que el anterior.	Mangueras, llaves de impacto, pistolas de aire	1 juego	Lo mismo que arriba		
		19) Horno de secado de pintura	Volumen interno de unos 2 metros cúbicos.	1 unidad	Curado de secado de resina después del reemplazo del devanado del motor		
		20) Soporte de lámpara de infrarrojos para secar	Tipo de 4 lámparas	1 unidad	Lo mismo que arriba		
		21) Herramientas de medición	Calibradores, micrómetro, calibre de altura, etc.	2 juegos	Varias medidas durante trabajos de reparación y procesamiento de piezas		
		22) Instrumentos de medida electrónicos	Vibrómetro, telémetro láser, termómetro	1 juego	Monitoreo de condición durante el funcionamiento del motor, etc.		
		23) Llave de torsión	Varios rangos y tamaños de apriete	2 juegos	Para comprobar el par al apretar varios pernos		
		3	Electricidad	1) Probador de circuitos (analógico)	Voltaje CA / CC, corriente CC, valor de resistencia	2 unidades	Para medición eléctrica general
				2) Multímetros digitales	Voltaje CA / CC, corriente CC, valor de resistencia	2 unidades	Lo mismo que arriba
				3) Probador de abrazadera	Corriente CA / CC, valor de resistencia, frecuencia	4 unidades	Lo mismo que arriba
				4) Probador de resistencia de aislamiento	500V/1000M	4 unidades	Lo mismo que arriba
				5) Detector de fase	Para la medición de fase de la fuente de alimentación trifásica de tres hilos	2 unidades	Lo mismo que arriba
				6) Medidor de resistencia de tierra	Medición de la resistencia de puesta a tierra en varios trabajos de puesta a tierra	1 unidad	Lo mismo que arriba

No.	Categoría	Artículo	Especificaciones	Cantidad	Observación		
3	Electricidad	7) Electroscopio (para baja tensión)	Para comprobar el estado de carga	2 unidades	Lo mismo que arriba		
		8) Electroscopio (para alto voltaje)	Lo mismo que arriba	2 unidades	Lo mismo que arriba		
		9) Varias herramientas manuales (pequeñas)	Alicates, tenazas, alicates	2 juegos	Herramientas básicas de trabajo eléctrico esencial		
		10) Varias herramientas manuales (grandes)	Cortadores de cables, cortadores de pernos	2 juegos	Lo mismo que arriba		
		11) Taladro eléctrico	Pequeña computadora de mano	2 juegos	Para diversos trabajos eléctricos		
		12) Taladro eléctrico a batería	Lo mismo que arriba	2 juegos	Lo mismo que arriba		
		13) Conductor impactante	Lo mismo que arriba	2 juegos	Lo mismo que arriba		
		14) Juego de sierra de perforación	Accesorio para taladro eléctrico	3 juegos	Para la construcción de cuadros eléctricos		
		15) Perforadora hidráulica	Tipo de punzón hidráulico	1 juego	Para diversos trabajos eléctricos		
		16) Linterna LED (recargable)	Unidad principal, cargador, batería, etc	5 juegos	Lo mismo que arriba		
		17) Máquina de corte por plasma portátil	Para cortar placas de metal, combinado con compresor de aire	1 unidad	Para diversos trabajos eléctricos		
		18) Soldador de arco (tamaño pequeño)	accesorios incluidos	1 juego	Lo mismo que arriba		
		19) Equipo de soldadura a gas	Lo mismo que arriba	2 juegos	Lo mismo que arriba		
		20) Soldador	Soldadura incluida	1 juego	Lo mismo que arriba		
		21) Soldador tipo pistola	Lo mismo que arriba	2 juegos	Lo mismo que arriba		
		22) Juego de herramientas de electricista (básico)	práctico	5 juegos	Herramientas de mano para trabajo de campo		
		23) Juego de herramientas de electricista (aplicación)	Juego completo	2 juegos	Herramientas estacionarias de taller		
		24) Herramientas de medición	Calibradores, micrómetro, calibre de altura, etc.	1 juego	Varias medidas durante trabajos de reparación y procesamiento de piezas		
		25) Instrumentos de medida electrónicos	Vibrómetro, telémetro láser, termómetro	1 juego	monitoreo de condición durante el funcionamiento del motor, etc.		
		26) Software de análisis de características de caudal de bomba sumergible	Solicitud de evaluación del rendimiento después de la reparación / OH	1 juego	Bajo investigación para disponibilidad		
		4	Vehículos de apoyo	1) Taller móvil	Un conjunto de generador / soldador, compresor de aire, herramientas manuales, banco de trabajo, etc.	2 unidades	Trabajos de mantenimiento preventivo para patrullaje de pozos, reparación y transporte de remoción de bombas / motores, 1 unidad para residente de la sede de ENACAL y 1 unidad para reparación in situ a nivel nacional, 2 unidades en total
				2) Máquina elevadora	Capacidad de descarga 5t, motor 66kW	1 unidad	Para trabajos de carga y descarga y transporte en las instalaciones del taller.

Anexo-3: Responsabilidad del compromiso de sustitución de bombas de distribución

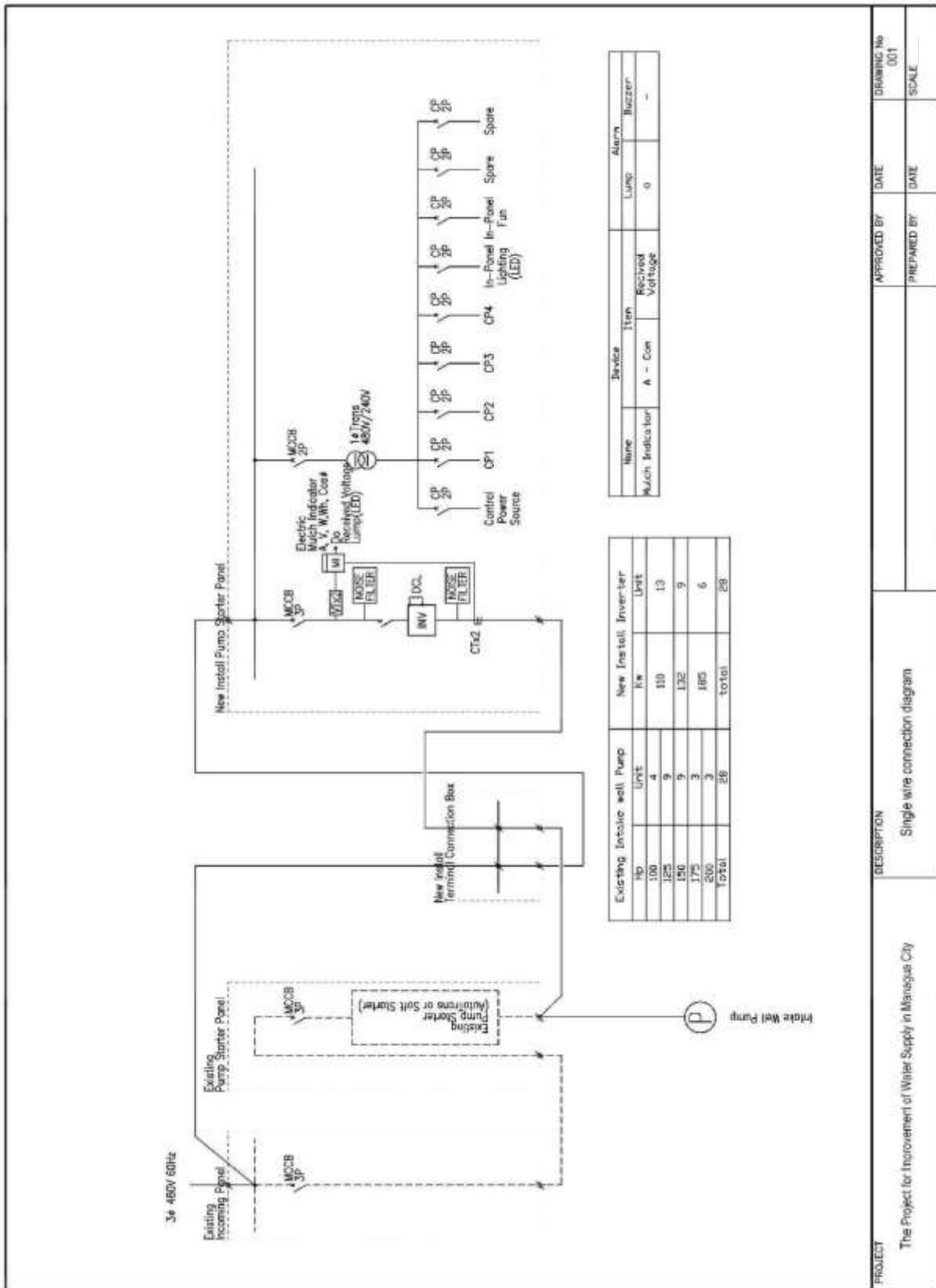
No.	Nombre de la estación de bombeo	Motor y Bomba	Repuestos de Bomba	Válvula antirretorno	Válvula de descarga	Tuberías	Panel de arranque
1	Asosoca Alta #4	JICA	JICA				JICA
2	Asosoca Alta Superior #3	JICA	JICA				JICA
3	Altamira #1	JICA	JICA			JICA	JICA
4	Altamira #2	JICA	JICA			JICA	JICA
5	Altamira #5	JICA	JICA	JICA		JICA	JICA
6	Km 8 C. Masaya #1	JICA	JICA	JICA	JICA	JICA	JICA
7	Km 8 C. Masaya #3	JICA	JICA	JICA	JICA	JICA	JICA
8	San Judas #2	JICA	JICA				
9	San Judas #3	JICA	JICA				
10	Km 18 C. Masaya #1	JICA	JICA				JICA
11	Km 9,5 C. Sur #3	JICA	JICA	JICA	JICA	JICA	JICA
12	Km 8 C. Sur #1	JICA	JICA				JICA

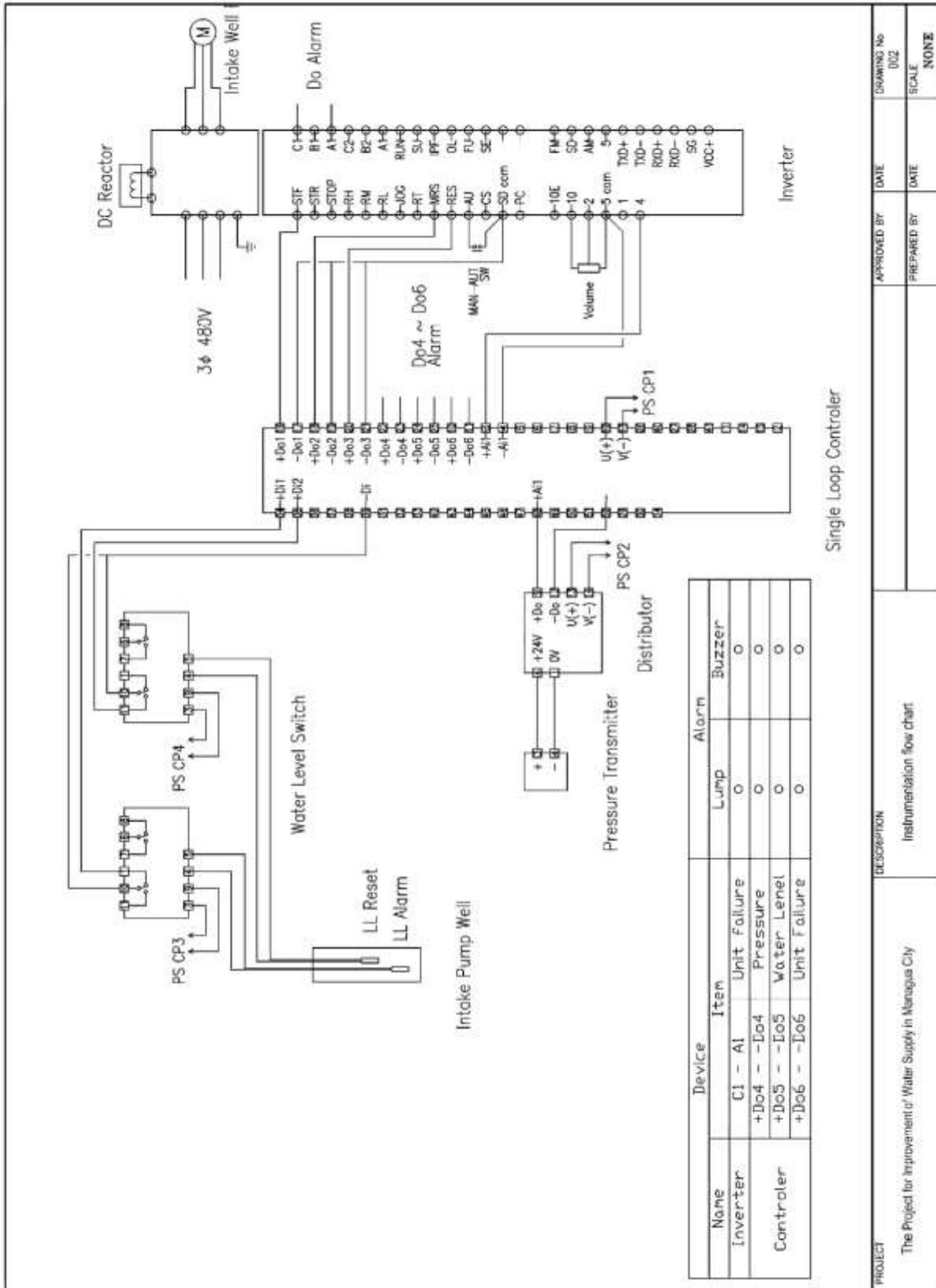
Repuestos de Bomba

Repuestos	Cantidad	Repuestos	Cantidad
Impulsor	2	Balnera P	4
Anillo de revestimiento	4	Balnera M	4
Balneras	4	Anillo de aceite	8
Manga	4	Soporte de glándula	2
Empaquetadura de glándula	8	Escurreidor	2
Anillo de sellado de agua	2	Tuerca del eje principal	4

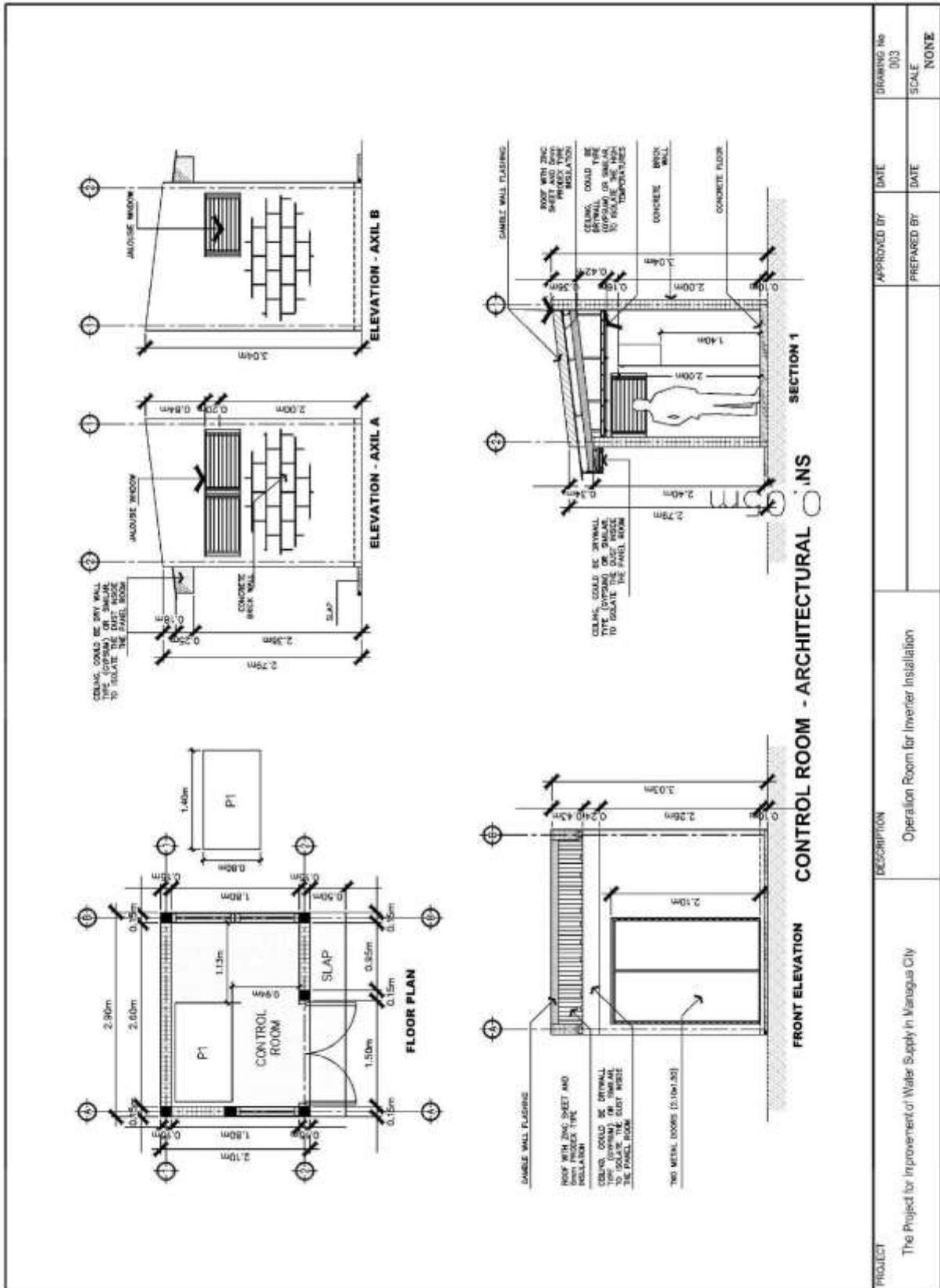
A6-2. Dibujos de Diseño Preliminar

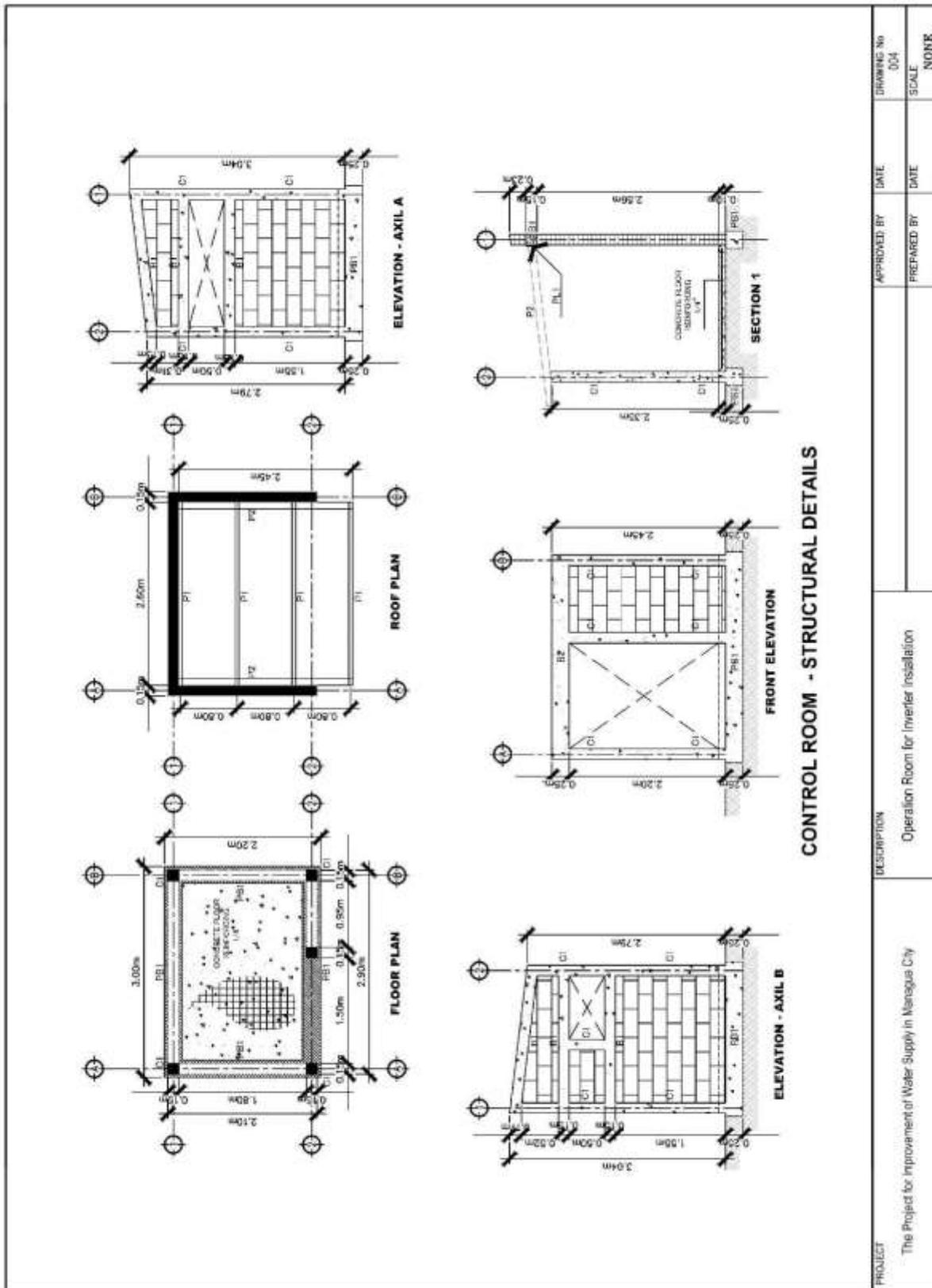
Número de los planos	Títulos
001	Diagrama monolineal de variador
002	Diagrama de flujo de instrumentación del variador
003	Plano esquemático de la sala de operación del variador
004	Plano esquemático de la sala de operación del variador
005	Plano esquemático de tendido de tuberías del reservorio
006	Plano de montaje referencial de los equipos de reparación de fugas
007	Plano esquemático del taller de electromecánica





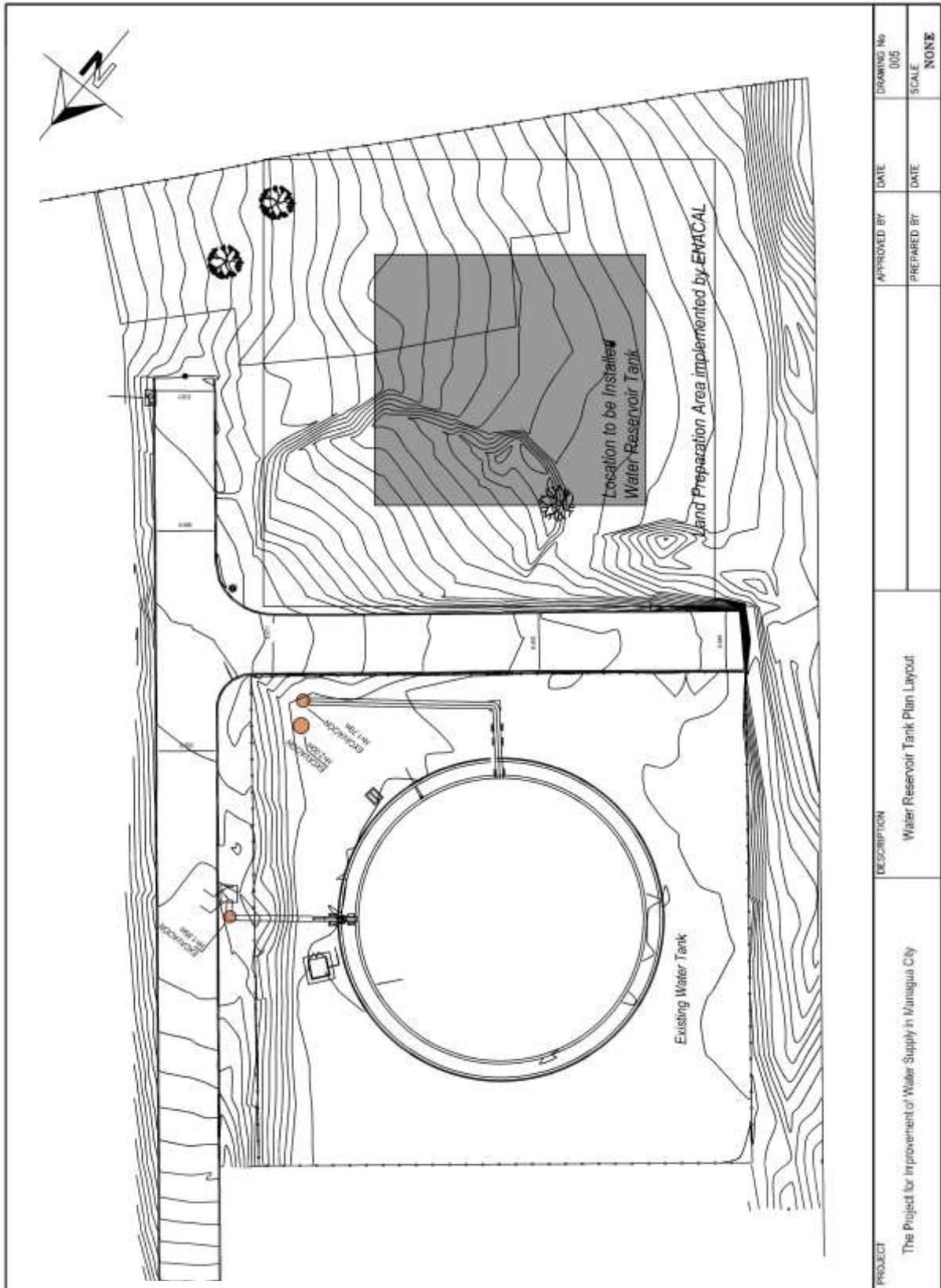
PROJECT	DESCRIPTION	APPROVED BY	DATE	DRAWING NO
The Project for Improvement of Water Supply in Managua City	Instrumentation flow chart			002
		PREPARED BY	DATE	SCALE
				NONE

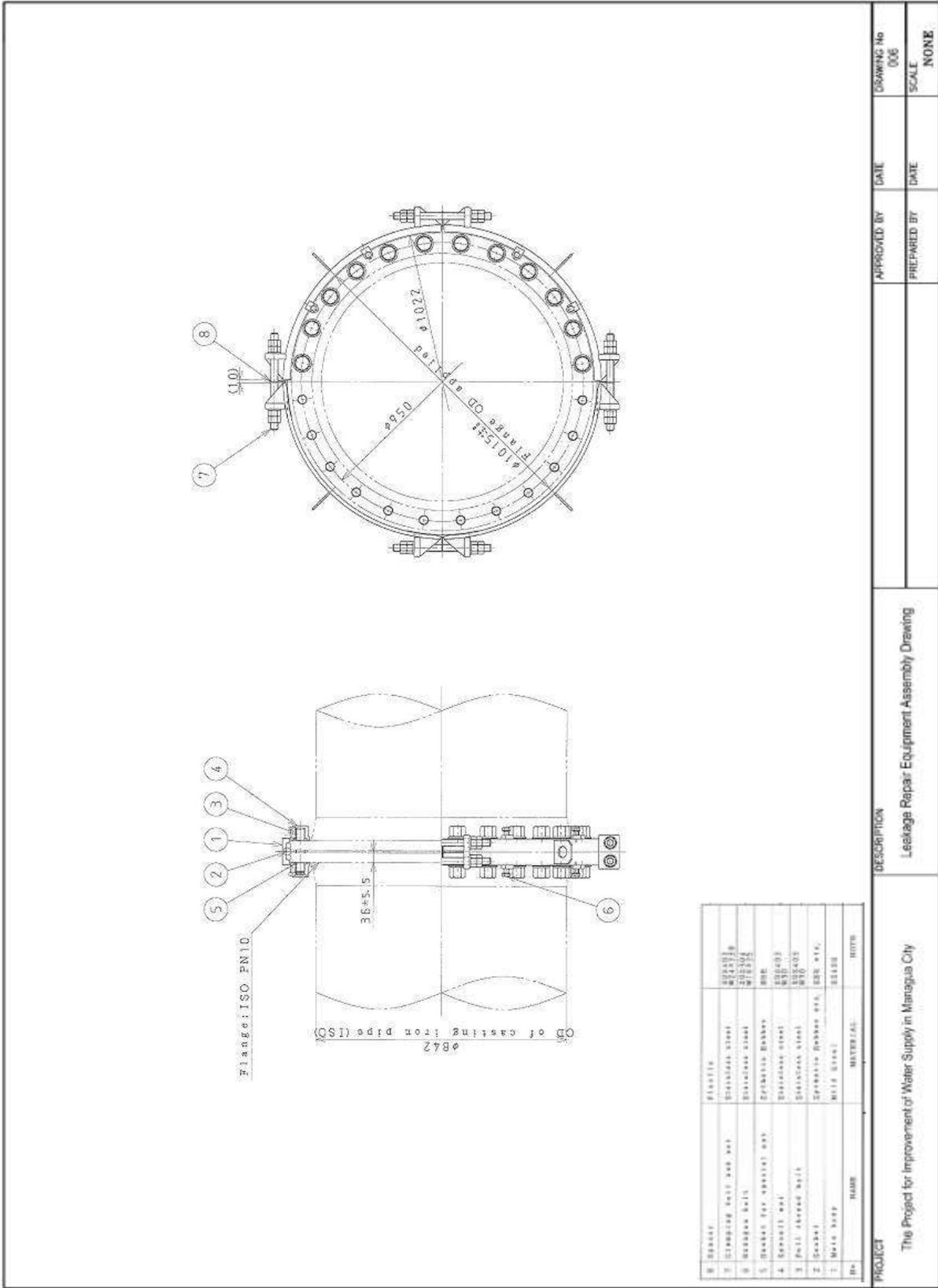


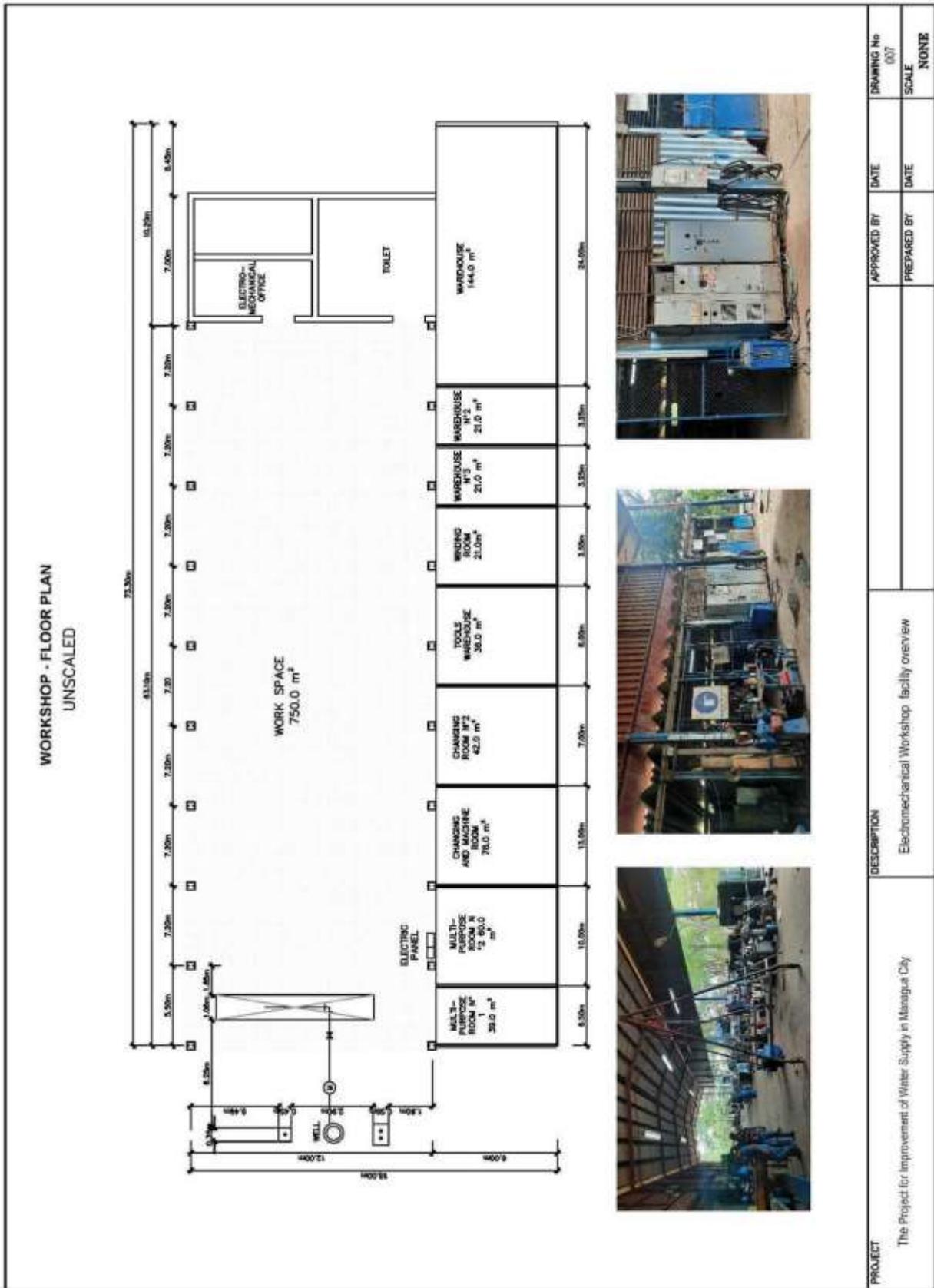


CONTROL ROOM - STRUCTURAL DETAILS

PROJECT	DESCRIPTION	APPROVED BY	DATE	DRAWING No
		PREPARED BY	DATE	SCALE
The Project for Improvement of Water Supply in Managua City				004
Operation Room for Inverter Insulation				NONE







A6-3. Informe de Seguimiento del Proyecto (Project Monitoring Report)

Annex 1
G/A NO. XXXXXXX
PMR prepared on 31/January/2022

<p><u>Project Monitoring Report</u> on <u>the Project for the Improvement of Water Supply in Managua City</u> Grant Agreement No. <u>XXXXXXX</u> 20XX, Month</p>
--

Organizational Information

Signer of the G/A (Recipient)	Person in Charge <u>(Designation)</u> Contacts <u>Address:</u> <u>Phone/FAX:</u> <u>Email:</u>
Executing Agency	<p><u>Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ENACAL)</u> Person in Charge <u>Sr. Ervin Enrique Barreda Rodríguez</u> <u>Chief Executive Officer (CEO)</u> Contacts <u>Address: ENACAL CENTRAL Km. 5 Carretera Sur,</u> <u>Managua, Nicaragua</u> <u>Phone/FAX: 2265-0834</u> <u>Email: Ervin.barreda@enacal.com.ni</u></p>
Line Ministry	Person in Charge <u>(Designation)</u> Contacts <u>Address:</u> <u>Phone/FAX:</u> <u>Email:</u>

General Information:

Project Title	The Project for the Improvement of Water Supply in Managua City
E/N	Signed date: Duration:
G/A	Signed date: Duration:
Source of Finance	Government of Japan: Not exceeding JPY _____ mil. Government of (_____): _____

1: Project Description	
-------------------------------	--

1-1 Project Objective

To reduce operation and maintenance costs and improve the efficiency of water supply and distribution by developing materials and equipment and distribution reservoir tank necessary for water leakage reduction and energy efficiency improvement in Managua City, thereby stabilizing water supply services in the target area. And those that contribute to the improvement of the living and sanitary environment of the residents.

1-2 Project Rationale

- Higher-level objectives to which the project contributes (national/regional/sectoral policies and strategies)
- Situation of the target groups to which the project addresses

[Higher-level objectives]

ENACAL's business strategy is implemented based on "ENACAL Organization Development Strategy Plan 2013-2017" (PEDI: Plan Estratégico de Desarrollo Institucional de ENACAL) and "ENACAL Organization Development Strategy Plan 2020-2025". Furthermore, in 2017, the "Strategic Strengthening Plan 2017-2021" (Plan Estratégico de Fortalecimiento 2017-2021) was formulated to complement these.

PEDI has set the following seven strategic goals and is working to improve water services.

1. Reduce non-revenue water in water systems in Managua and other regions
2. Reduce energy consumption costs
3. Achieve financial sustainability as a corporate entity in the long term and independent profitability of operation in the short term
4. Strengthen organizational capacity so that each public service provider meets high management standards and contributes to higher services to all residents.
5. Improve water and sewerage services for all residents supported by ENACAL
6. Contribute to the conservation and protection of the environment in order to guarantee water resources for current and future generations.
7. Achieve justice and social equity in access to water hygiene services.

[Situation of the target groups/area]

In the capital city of Managua, water demand is increasing rapidly with a 4% annual population increase, but only 50% of the areas receive 24-hour water supply. In addition, about 14% of customers have a daily water supply time of 8 hours or less. Therefore, the stable water supply has become an urgent issue for ensuring public health, including measures against infectious diseases.

The causes include insufficient water source and distribution reservoir capacity, as well as water leakage due to aging facilities and insufficient water pressure management capacity. In addition to water leakages, the electricity costs required to pump groundwater, which is the main water source of Managua, are a heavy burden, putting pressure on the financial situation of ENACAL, which is responsible for the water and sewerage business in Nicaragua. It makes difficult to secure funds for improving water supply services.

G/A NO. XXXXXXX
PMR prepared on DD/MM/YY

1-3 Indicators for measurement of "Effectiveness"

Quantitative indicators to measure the attainment of project objectives		
Indicators	Original (Yr: 2020)	Target (Yr: 2027)
Volume of NRW reduction by this Project in Managua City	0	5,992 (thousand m ³) ¹
Electricity consumption per unit production volume	0.80 ²	0.77 ³
Average water supply hours in the target area for installation of water reservoir tank	9.0	17.0
<p>1. Since it is difficult to calculate the amount for this project alone, it will be calculated by comparing the amount of NRW in Managua City in 2017 and 2027, when accurate data collection was started by PROGESTION. However, the estimated reduction amount from 2017 to 2027 by ENACAL's own operation (4,904 thousand m³) (calculated based on the annual reduction amount of 490,000 m³ based on the actual reduction amount from 2017 to 2020) will also be considered separately.</p> <p>2. Electricity consumption / Production water amount (164,958,598kWh / 204,921,300 m³)</p> <p>3. Electricity consumption / Production water amount (156,853,132kWh / 204,921,300m³). Since the amount of power consumption reduction compared to the base year power consumption is 8,105,466 kWh, considering the power charge 2.93 Cordoba (C \$) / kWh, it is expected that the annual cost reduction will be about 23.7 million C \$.</p>		
Qualitative indicators to measure the attainment of project objectives		
Water supply services will be improved and stabilized, and the sanitary environment of Managua will be improved.		

2: Details of the Project

2-1 Location

Components	Original <i>(proposed in the outline design)</i>	Actual
1. Managua City	Managua City	

2-2 Scope of the work

Components	Original <i>(proposed in the outline design)</i>	Actual
1. Inverter	<p>28 locations</p> <p>Bello Horizonte</p> <p>Rafaela Herrera</p> <p>Buenos Aires</p> <p>Monseñor Lezcano</p> <p>Mercado Oriental</p> <p>Santa Rosa (B.Horizonte #2)</p> <p>Bertha Calderón</p> <p>Portezuelo N° 02</p> <p>Olof Palme</p> <p>Veléz Paíz</p> <p>30 de Mayo #2</p> <p>M.T.I.</p>	

A6-3. Informe de Seguimiento del Proyecto

G/A NO. XXXXXXX
PMR prepared on DD/MM/YY

	San Antonio Tenderi Julio Martínez Portezuelo N° 01 Parque Las Madres Los Gauchos Loma Linda (Sierra Maestra) Hospital del niño La Merced San Antonio Sur Bosques de San Isidro Serrania Donatello Milagro de Dios Camilo Ortega #2 Ticoma Sur	
2. Water reservoir tank	Asososca Alta (Las Pilas) 4.600m ³	
3. Water pump	7 water pumps Asososca #3 Asososca #4 Altamira #1 San Judas #2 KM8.5 C. Sur #1 KM9.5 C. Sur #3 KM18 C. Masaya #1	
4. Flow control valve	1 valve San Judas water reservoir tank	
5. Leakage repair equipment	At Leakage points in Aqueduct 3 leakage repair equipment	
6. Equipment for electromechanical workshop	1. Electric trolley type chain block (1set) 2. Mobile gantry crane (1set) 3. Mobile floor crane (1set) 4. Hand winch (load tightening machine) with rope (1set) 5. Lever block (1unit) 6. Hanging tool for slinging work (1set) 7. Pallet truck (1set) 8. Machine rollers and jacks with claws (1set) 9. Bogie (1set) 10. Hydraulic press (1unit) 11. Lathe (1unit) 12. Upright drilling board (1unit) 13. Milling machine (1unit) 14. Desktop drilling machine (1unit) 15. High speed cutter (1unit) 16. Diesel engine welding / generator (1set) 17. Gas fusing device set (1set) 18. Stone brush (1set) 19. Double-ended wrench set	

G/A NO. XXXXXXX
 PMR prepared on DD/MM/YY

	(10units) 20. Double-ended offset box wrench (10units) 21. Adjustable pipe wrench (10units) 22. Chain wrench (10units) 23. Bolt cutting machine (1unit) 24. Precision machine tool set (1set) 25. Electric disc grinder (1set) 26. Desktop electric grinder, three-phase (1unit) 27. Air compressor (1unit) 28. Air impact wrench (1set) 29. Heat drying furnace (1unit) 30. Infrared lamp stand (1unit) 31. Caliper (1set) 32. External micrometer (1set) 33. Machine tool set (1set) 34. Torque wrench dial type (1set) 35. Analog tester (1set) 36. Digital multi-tester (2units) 37. Clamp meter (1unit) 38. Insulation resistance tester (1unit) 39. Phase detector (1unit) 40. Ground resistance meter (1unit) 41. Electroscopes (1unit) 42. Electroscopes (AC / DC high voltage) (1unit) 43. Water pliers (2units) 44. Wire coating stripper (4units) 45. Needle-nose pliers (4units) 46. Pliers (4units) 47. Nippers (4units) 48. Crimping tool (4units) 49. Cable cutter (4units) 50. Bolt cutter (4units) 51. Battery-powered drill (2units) 52. Impact driver (2units) 53. Electric vibration drill (2sets) 54. Drilling saw set (3sets) 55. Hydraulic hole puncher (1unit) 56. LED mobile rechargeable lamp (3sets) 57. Plasma cutting machine (1unit) 58. Arc welder (1unit) 59. With gas blower cart (2units) 60. Soldering iron (1set) 61. Portable power tool set (5sets) 62. Electric tool set (type 1 and type 2) (1set) 63. Calipers for electricians (1set) 64. External micrometer for electrical work (1unit)	
--	--	--

G/A NO. XXXXXXX
 PMR prepared on DD/MM/YY

	65. Vibration meter (1unit) 66. Radiation thermometer (1unit) 67. Laser rangefinder (1unit) 68. Mobile repair car (1unit) 69. Forklift (1unit) 70. Submersible pump flow rate characterization system (1set)	
7. Equipment for NRW reduction activities	1. Digital leak detector (2 sets) 2. Boring bar (4sets) 3. Multiple correlation leak detector (2 sets) 4. Ultrasonic flow meter (2 sets) 5. Leak detector for service connection (4 sets) 6. Concrete cutter (2 sets) Drainage pump (2 sets)	

Reasons for modification of scope (if any).

(PMR)

2-3 Implementation Schedule

Items	Original		Actual
	(proposed in the outline design)	(at the time of signing the Grant Agreement)	
Cabinet approval	02/2022		
E/N	03/2022		
G/A	04/2022		
Detail Design	04/2022 – 07/2022		
Tender Notice	07/2022		
Tender	10/2022		
Award to Contract	10/2022		
Completion of Contract	02/2023		
Project Completion	02/2023		

Reasons for any changes of the schedule, and their effects on the project (if any)

2-4 Obligations by the Recipient

2-4-1 Progress of Specific Obligations

See Attachment 2.

2-4-2 Activities

See Attachment 3.

2-4-3 Report on RD

See Attachment 11.

2-5 Project Cost

2-5-1 Cost borne by the Grant(Confidential until the Bidding)

G/A NO. XXXXXXX
PMR prepared on DD/MM/YY

Components			Cost (Million Yen)	
	Original <i>(proposed in the outline design)</i>	Actual <i>(in case of any modification)</i>	Original ^{1),2)} <i>(proposed in the outline design)</i>	Actual
Procurement Services	1. Equipment Cost 2. Transportation Cost 3. Installation Cost 4. Supervision Cost			
Consulting Services	1. Detail Design 2. Supervision Service 3. Soft Component			
Total				

Note: 1) Date of estimation: June 2021
2) Exchange rate: 1 US Dollar = 109.97 Yen

2-5-2 Cost borne by the Recipient

Components			Cost (USD)	
	Original <i>(proposed in the outline design)</i>	Actual <i>(in case of any modification)</i>	Original ¹⁾ <i>(proposed in the outline design)</i>	Actual
1	Banking fee		7,200	
2	Removal work of existing equipment, removal disposal cost		25,700	
3	Water and electricity charges for filling water tests, etc.		82,230	
4	Soil work at the water reservoir installation site		123,656	
5	Storage shelves in mechanical and electrical repair workshops		1,250	
6	Repair and painting of aqueduct management passages		6,753	
7	Securing and leveling the inverter operation room		700	
			237,489	

Note: 1) Date of estimation: June 2021

Reasons for the remarkable gaps between the original and actual cost, and the countermeasures (if any)

(PMR)

2-6 Executing Agency

- Organization's role, financial position, capacity, cost recovery etc,
- Organization Chart including the unit in charge of the implementation and number of employees.

G/A NO. XXXXXXX
 PMR prepared on DD/MM/YY

Original (at the time of outline design)
 name: Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ENACAL)
 role: To Supply water and Sewerage services to the residents
 financial situation: Profit and loss balance [-522 Mil CS] (2020)
 institutional and organizational arrangement (organogram):
 human resources (number and ability of staff): (Employees: 6,030, in Managua 2,170)

The organogram for ENACAL is structured as follows:

- ASAMBLA DIRECTIVA ENACAL** (Board of Directors)
- PRESIDENCIA EJECUTIVA** (Executive Presidency)
- SECRETARÍA EJECUTIVA** (Executive Secretariat)
- GERENCIA GENERAL** (General Management)
 - GERENCIA GENERAL DE ADMINISTRACIÓN
 - GERENCIA GENERAL DE FINANZAS
 - GERENCIA GENERAL DE RECURSOS HUMANOS
 - GERENCIA GENERAL DE OPERACIONES
 - GERENCIA GENERAL DE PLANEACIÓN
 - GERENCIA GENERAL DE PROYECTOS
 - GERENCIA GENERAL DE CALIDAD
 - GERENCIA GENERAL DE LEGISLACIÓN Y ASUNTOS JURÍDICOS
 - GERENCIA GENERAL DE COMUNICACIÓN
 - GERENCIA GENERAL DE SEGURIDAD Y SALUD
 - GERENCIA GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
 - GERENCIA GENERAL DE ASISTENCIA TÉCNICA
- SERVICIO GENERAL** (General Service)
 - SERVICIO GENERAL DE ADMINISTRACIÓN
 - SERVICIO GENERAL DE FINANZAS
 - SERVICIO GENERAL DE RECURSOS HUMANOS
 - SERVICIO GENERAL DE OPERACIONES
 - SERVICIO GENERAL DE PLANEACIÓN
 - SERVICIO GENERAL DE PROYECTOS
 - SERVICIO GENERAL DE CALIDAD
 - SERVICIO GENERAL DE LEGISLACIÓN Y ASUNTOS JURÍDICOS
 - SERVICIO GENERAL DE COMUNICACIÓN
 - SERVICIO GENERAL DE SEGURIDAD Y SALUD
 - SERVICIO GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
 - SERVICIO GENERAL DE ASISTENCIA TÉCNICA
- SERVICIO ADMINISTRATIVO** (Administrative Service)
 - SERVICIO ADMINISTRATIVO DE ADMINISTRACIÓN
 - SERVICIO ADMINISTRATIVO DE FINANZAS
 - SERVICIO ADMINISTRATIVO DE RECURSOS HUMANOS
 - SERVICIO ADMINISTRATIVO DE OPERACIONES
 - SERVICIO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN
 - SERVICIO ADMINISTRATIVO DE PROYECTOS
 - SERVICIO ADMINISTRATIVO DE CALIDAD
 - SERVICIO ADMINISTRATIVO DE LEGISLACIÓN Y ASUNTOS JURÍDICOS
 - SERVICIO ADMINISTRATIVO DE COMUNICACIÓN
 - SERVICIO ADMINISTRATIVO DE SEGURIDAD Y SALUD
 - SERVICIO ADMINISTRATIVO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
 - SERVICIO ADMINISTRATIVO DE ASISTENCIA TÉCNICA

Elaborado por: Departamento de Organización y Métodos

Actual (PMR)

2-7 Environmental and Social Impacts

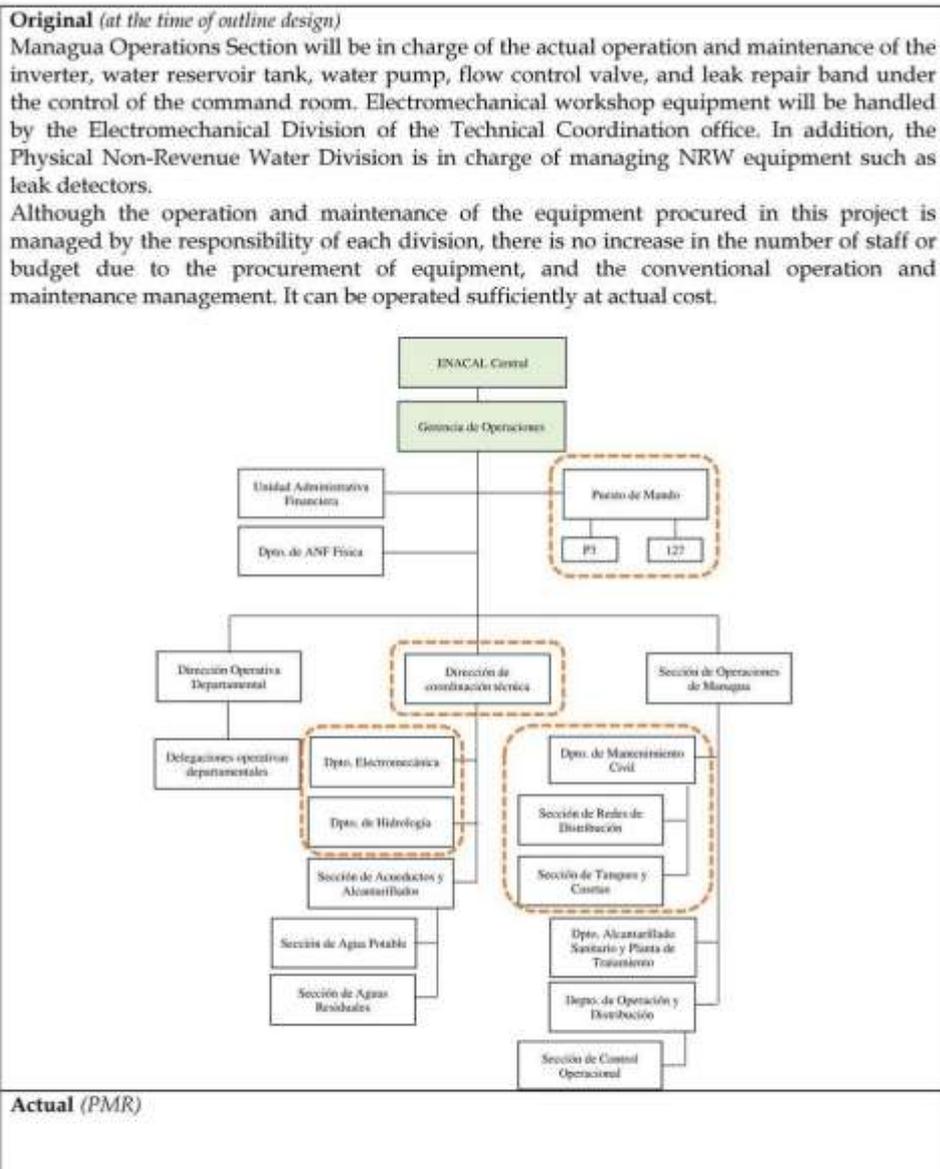
- The results of environmental monitoring based on Attachment 5 (in accordance with Schedule 4 of the Grant Agreement).
- The results of social monitoring based on in Attachment 5 (in accordance with Schedule 4 of the Grant Agreement).
- Disclosed information related to results of environmental and social monitoring to local stakeholders (whenever applicable).

3: Operation and Maintenance (O&M)

3-1 Physical Arrangement

- Plan for O&M (number and skills of the staff in the responsible division or section, availability of manuals and guidelines, availability of spareparts, etc.)

G/A NO. XXXXXXX
 PMR prepared on DD/MM/YY



3-2 Budgetary Arrangement
 - Required O&M cost and actual budget allocation for O&M

G/A NO. XXXXXXXX
 PMR prepared on DD/MM/YY

Original (at the time of outline design)		
Estimated O&M cost is as followings.		
Equipment	Item	Annual Cost (C\$)
Inverter	Labor costs	4,730,880
	Electricity Charge	41,589,943
	Annual repair cost (inc. well pump)	353,000
Water reservoir tank	Labor costs	675,840
	Annual repair cost	84,480
Water pump	Labor costs	3,379,200
	Electricity Charge	49,753,005
	Annual repair cost	168,960
Flow control valve	Labor costs	506,880
Actual (PMR)		

4: Potential Risks and Mitigation Measures

- Potential risks which may affect the project implementation, attainment of objectives, sustainability
- Mitigation measures corresponding to the potential risks

Assessment of Potential Risks (at the time of outline design)		
Potential Risks	Assessment	
1. To secure and clear land preparation for water reservoir tank	Probability: High/Moderate/Low	
	Impact: High/Moderate/Low	
	Analysis of Probability and Impact: The soil work will be required prior to the bidding announcement to commence the construction work smoothly.	
	Mitigation Measures: Discussion of the soil work in well advance so that the securing of land preparation could complete prior to the bidding announcement.	
	Action required during the implementation stage: The land preparation of water reservoir tank is required prior to the bidding announcement.	
	Contingency Plan (if applicable): N/A	
	2. To obtain the necessary permission for installation work	Probability: High/Moderate/Low
		Impact: High/Moderate/Low
Analysis of Probability and Impact: Mostly the project area is inside of ENACAL own plots. However, when the leakage repair equipment will be installed, we need to obtain the permission from road management authority due to truck crane will be occupied in the national road. In addition, EIA procedure will be needed for Water reservoir tank installation.		
Mitigation Measures: Discussion of obtaining the necessary permissions in		

G/A NO. XXXXXXX
 PMR prepared on DD/MM/YY

	well advance so that installation work will be managed smoothly prior to the installation works
	Action required during the implementation stage:
	Obtaining necessary permissions is required prior to installation work.
	Contingency Plan (if applicable):
Actual Situation and Countermeasures	
(PMR)	

5: Evaluation and Monitoring Plan (after the work completion)

5-1 Overall evaluation

Please describe your overall evaluation on the project.

--

5-2 Lessons Learnt and Recommendations

Please raise any lessons learned from the project experience, which might be valuable for the future assistance or similar type of projects, as well as any recommendations, which might be beneficial for better realization of the project effect, impact and assurance of sustainability.

--

5-3 Monitoring Plan of the Indicators for Post-Evaluation

Please describe monitoring methods, section(s)/department(s) in charge of monitoring, frequency, the term to monitor the indicators stipulated in 1-3.

--

G/A NO. XXXXXXX
PMR prepared on DD/MM/YY

Attachment

1. Project Location Map
2. Specific obligations of the Recipient which will not be funded with the Grant
3. Monthly Report submitted by the Consultant
- Appendix - Photocopy of Contractor's Progress Report (if any)
 - Consultant Member List
 - Contractor's Main Staff List
4. Check list for the Contract (including Record of Amendment of the Contract/ Agreement and Schedule of Payment)
5. Environmental Monitoring Form / Social Monitoring Form
6. Monitoring sheet on price of specified materials (Quarterly)
7. Report on Proportion of Procurement (Recipient Country, Japan and Third Countries) (PMR (final) only)
8. Pictures (by JPEG style by CD-R) (PMR (final) only)
9. Equipment List (PMR (final) only)
10. Drawing (PMR (final) only)
11. Report on RD (After project)

G/A NO. XXXXXXX
PMR prepared on DD/MM/YY

Attachment 2 Specific obligations of the Government of Nicaragua which will not be funded with the Grant

(1) Before the Tender

NO	Items	Deadline	In charge	Estimated Cost	Ref.
1	To sign the banking arrangement (B/A) with a bank in Japan (the Agent Bank) to open bank account for the Grant	within 1 month after the signing of the G/A	MHCP		
2	To issue A/P to a bank in Japan (the Agent Bank) for the payment to the consultant	within 1 month after the signing of the contract	MHCP		
3	To implement social monitoring, and to submit the monitoring results to JICA, by using the monitoring form, on a quarterly basis as a part of Project Monitoring Report	before notice of the bidding document(s)	ENACAL		
4	To clear, level and reclaim the following sites <ul style="list-style-type: none"> ➤ Land to be installed water reservoir tank (Las Pilas, 40mx40m = 1600m², GL+158m) ➤ Land to be installed inverters (28 sites, 4mx3m=12m²) 	July 2022	ENACAL	\$123,656 \$700	

(2) During the Project Implementation

NO	Items	Deadline	In charge	Estimated Cost	Ref.
1	To issue A/P to the Agent Bank for the payment to the supplier	within 1 month after the signing of the contract	MHCP		
2	To bear the following commissions to the Agent Bank for the banking services based upon the B/A <ul style="list-style-type: none"> 1) Advising commission of A/P 2) Payment commission for A/P 	within 1 month after the signing of the contract every payment	MHCP MHCP	\$7,200	
3	To ensure prompt unloading and customs clearance at ports of disembarkation in the country of the Recipient and to assist the Supplier(s) with internal transportation therein	during the Project	MHCP		
4	To accord Japanese physical persons and/or physical persons of third countries whose services may be required in connection with the supply of the products and the services such facilities as may be necessary for their entry into the country of the Recipient and stay therein for the performance of their work	during the Project	MHCP		
5	To ensure that customs duties, internal taxes and other fiscal levies which may be imposed in the country of the Recipient with respect to the purchase of the products and/or the services be exempted by its designated authority without using the Grant	during the Project	MHCP		
6	To bear all the expenses, other than those covered by the Grant, necessary for the implementation of the Project	during the Project	ENACAL		
7	To provide facilities for distribution of electricity, water supply and drainage and other incidental facilities necessary for the implementation of the Project outside the site(s) <ul style="list-style-type: none"> 1. Electricity (distributing line to the site) 2. Water Supply (city water distribution main to the site) 3. Drainage (city drainage main to the site) 	before start of the installation work	ENACAL		
8	To ensure the safety of persons engaged in the implementation of the Project	during the Project	ENACAL		
9	To notify JICA promptly of any incident or accident, which has, or is likely to have, a significant adverse effect on the	during the Project	ENACAL		

G/A NO. XXXXXXX
PMR prepared on DD/MM/YY

	environment, the affected communities, the public or workers.				
10	To submit Project Monitoring Report after each work under the contract(s) such as shipping, hand over, installation and operational training	within 1 month after completion of each work	ENACAL		
11	To submit a report concerning completion of the Project	within 6 months after completion of the Project	ENACAL		
12	To obtain necessary permits during installation works such as traffic control, civil works, and river works etc.	before start of the installation work	ENACAL		
13	To remove/dispose the existing equipment (water pumps, control panels, equipment in the workshop, etc.)	during the Project	ENACAL	\$25,700	
14	To install storage shelves for tool management in electromechanical workshops	before handover of the equipment	ENACAL	\$1,250	
15	To repair and paint the management passages in aqueduct	during the Project	ENACAL	\$6,753	
16	To dispose residual soil generated during earthworks and to discharge wastewater generated during installation and incidental works	during the Project	ENACAL		
17	To bear water charges, labor costs, and electricity charges for the water filling test of the water reservoir tank, the trial run of the pump / inverter, and the trial run / adjustment of other equipment.	during the Project	ENACAL	\$82,230	
18	To provide place for suppliers and consultants to open site offices	during the Project	ENACAL		
19	To secure participants for soft components and paying venues and costs associated with training	during the Project	ENACAL		
20	To support traffic processing, guidance, and safety management during installation work	during the Project	ENACAL		

(3) After the Project

NO	Items	Deadline	In charge	Estimated Cost	Ref.
1	To maintain and use properly and effectively the facilities constructed and equipment provided under the Grant Aid 1) Allocation of maintenance cost 2) Operation and maintenance structure 3) Routine check/Periodic inspection	after completion of the construction	ENACAL		

Attachment 6 Monitoring sheet on price of specified materials

1. Initial Conditions (Confirmed)

Items of Specified Materials	Initial Volume A	Initial Unit Price (¥) B	Initial total Price C=A×B	1% of Contract Price D	Condition of payment Price (Increased) F=C+D	Condition of payment Price (Decreased) E=C-D
1 Item 1	●●t	●	●	●	●	●
2 Item 2	●●t	●	●	●		
3 Item 3						
4 Item 4						
5 Item 5						

2. Monitoring of the Unit Price of Specified Materials

(1) Method of Monitoring : ●●

(2) Result of the Monitoring Survey on Unit Price for each specified materials

Items of Specified Materials	1st month, 2015	2nd month, 2015	3rd month, 2015	4th	5th	6th
1 Item 1	●	●	●			
2 Item 2						
3 Item 3						
4 Item 4						
5 Item 5						

(3) Summary of Discussion with Contractor (if necessary)

.

.

Attachment 7

Attachment 6 Report on Proportion of Procurement (Recipient Country, Japan and Third Countries)
 (Actual Expenditure by Construction and Equipment each)

	Domestic Procurement (Recipient Country) A	Foreign Procurement (Japan) B	Foreign Procurement (Third Countries) C	Total D
Construction Cost	(A/D%)	(B/D%)	(C/D%)	
Direct Construction Cost	(A/D%)	(B/D%)	(C/D%)	
others	(A/D%)	(B/D%)	(C/D%)	
Equipment Cost	(A/D%)	(B/D%)	(C/D%)	
Design and Supervision Cost	(A/D%)	(B/D%)	(C/D%)	
Total	(A/D%)	(B/D%)	(C/D%)	

