

ESTADOS UNIDOS DE MEXICO
REPORTE SOBRE EL PROYECTO
DE
ELECTRIFICACION DE LA LINEA TRONCAL
DE
MEXICO A IRAPUATO

MARZO 1950

SDF

S C

81-47

615
64.6
SDF
13490

JICA LIBRARY



1029942183

ESTADOS UNIDOS DE MEXICO

REPORTE SOBRE EL PROYECTO

DE

ELECTRIFICACION DE LA LINEA TRONCAL

DE

MEXICO A IRAPUATO

Marzo de 1981

**AGENCIA DE COOPERACION
INTERNACIONAL DEL JAPON**

| | |
|------------------|------|
| 国際協力事業団 | |
| 加入 月日 58.9.26 | 615 |
| 登録No 09122 | 64.6 |
| | SDF |

ORGANIZACION DE REPORTE

- **CARTA DE SALUDACION DE PRESIDENTE DEL JICA**
- **ESQUEMA DEL PROYECTO**
- **GENERALIDADES**
- **ORIGINAL**
 - I INTRODUCCION**
 - II TEMAS PARTICULARES**
- **ANEXO**

PREFACIO

Es un gran placer remitir al Gobierno de los Estados Unidos de México este informe titulado "Electrificación de la Línea Troncal de México a Irapuato en F.N.M."

Este informe incluye los resultados del trabajo sobre electrificación que la ha realizado entre el 16 de abril de 1980 y 31 de enero de 1981 (desde Buenavista hasta Irapuato) por encargo de Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) y a base de acuerdo con el Gobierno de los Estados Unidos de México.

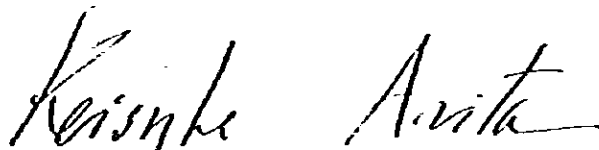
La misión delegada de JICA, encabezada por el Sr. Kazuo Hiramatus, ha llevado a cabo una serie de presentación de opiniones con los funcionarios del Gobierno de los Estados Unidos de México y ha realizado el trabajo cuanto al proyecto de la electrificación.

Sinceramente anhelo que este informe sirva como referencia básica para el desarrollo del proyecto electrificación de la Línea Troncal de F.N.M.

región : México a Irapuato
País : Estados Unidos de México

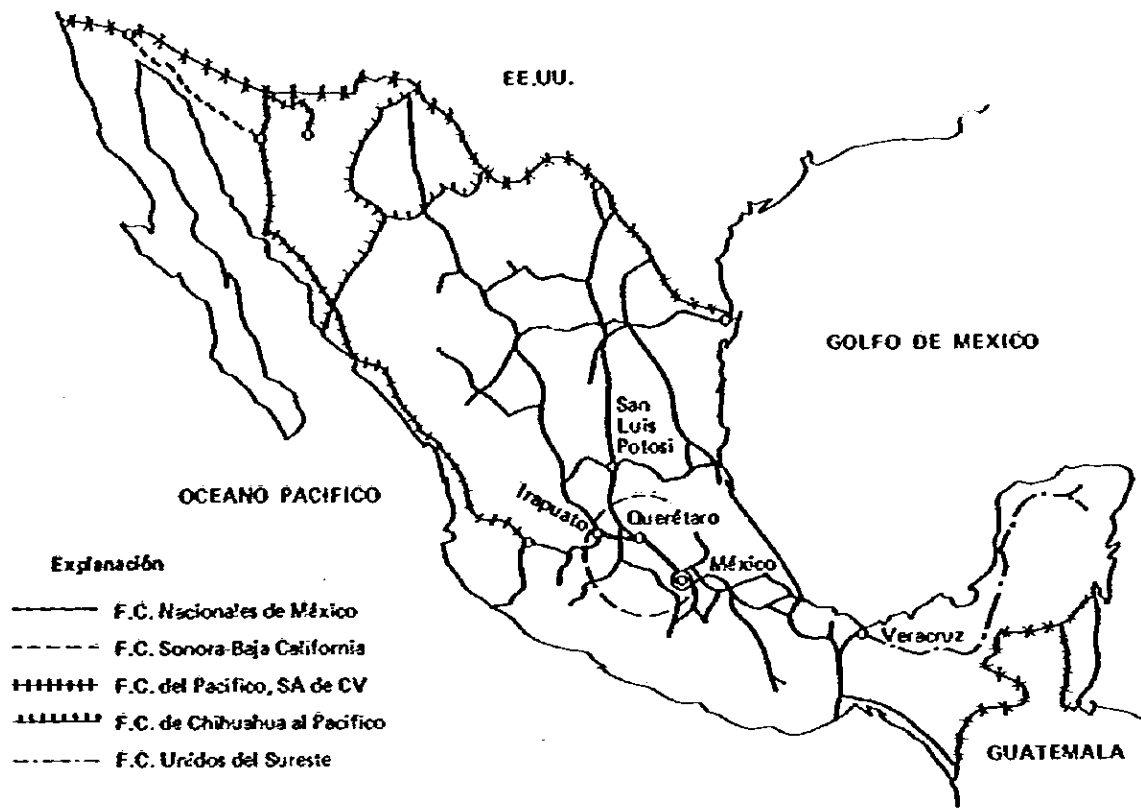
Me siento especialmente complacido en expresarles a los funcionarios del Gobierno de los Estados Unidos de México mi agradecimiento por la cooperación estrecha que le han brindado a la misión japonesa.

Febrero de 1981

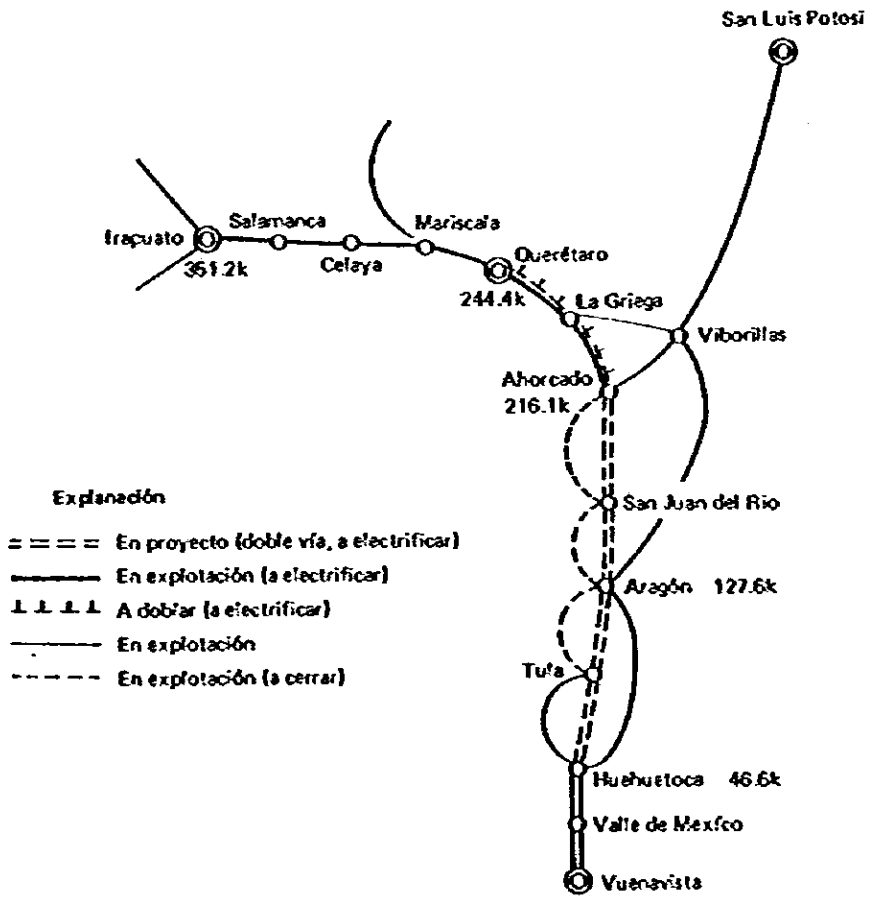


Keisuke Arita
Presidente

Agencia de Cooperación Internacional del Japón



La red de ferrocarriles en México



El plan conceptual de tramos a electrificar

GENERALIDADES

I GENERALIDADES

Las actividades de la misión delegada por JICA destinado al proyecto de electrificación en cuestión como asesor del gobierno de México se pueden clasificar en tres etapas como se indican a continuación.

I-1 Período comprendido hasta que se terminen los documentos de licitación

Los puntos esenciales de las actividades que hizo la misión para el gobierno de México en este período son los siguientes dos puntos:

Uno se refiere a la comparación entre los diferentes tramos en que la electrificación se pondrá en servicio solicitada por, Ing. Ramirez Graza.

El otro se refiere a la comparación entre los diferentes sistemas de electrificación. Es decir,

- 1) En los diversos areas que componen la electrificación se utilizan los diversos sistemas ampliamente en el mundo.
- 2) Cada de estos diversos sistemas tiene sus ventajas así como desventajas.
- 3) La electrificación no es meramente un conjunto de los diversos areas relacionadas, sino un sistema en que se relacionan estos diversos sistemas en la forma integral. Hablando concretamente, se trata de comparación de las instalaciones (incluyendo el material rodante), efectos económicos, y los problemas en administración con respecto a la puesta en servicio de electrificación en los diferentes tramos: México-Ahorcado, México-Queretaro y México-Irapuato.

Al respecto recomendamos la puesta en servicio hasta Irapuato. (Ver Anexo I "Estudio sobre los tramos de electrificación")

En cuanto a la comparación entre los diferentes sistemas, se tomaron en consideración como el sistema de alimentación el sistema de alimentación AT (Sistema de alimentación que emplea los autotransformadores) y el sistema de alimentación simple, y como el sistema de catenaria, (la catenaria simple alta tensa y la catenaria simple unidad en Y). Y se compararon las características eléctricas tales como las de alimentación, las de colector de corriente, etc. entre los diversos sistemas y se aclararon la relación entre el sistema de alimentación y el sistema de señalización, así como la relación entre el sistema de alimentación y el sistema de telecomunicación a través de la perturbancia inductiva.

En fin, planteamos al gobierno de México que lo más esencial sería la selección del sistema más adecuado a México entre los varios sistemas.

Los resultados se indican como lo siguiente

1. Comparación entre el sistema AT y el sistema simple

| | Sistema AT | Sistema simple |
|--|--------------|----------------|
| 1. Número de subestaciones (México - Irapuato) | 4 | 8 |
| 2. Capacidad del transformador principal/una subestación | 25,000KVAx2 | 10,000KVA x 2 |
| 3. Capacidad de corriente | 2 | 1 |
| 4. Número de secciones de diferentes fases | 6 - 7 | 15 |
| 5. Potencial de riel, Desequilibrio de tensión | Sin problema | Sin problema |

2. Sistema de la línea sobrepuesta y la línea variada en "Y"

| | Catenaria simple alta tensa | Catenaria simple unidad en y |
|---------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 1. Toma de corriente en 160Km/h | Sin problema | Sin problema |
| 2. Capacidad impelente en 120~160Km/h | 3 | 7 |
| 3. Vano máximo | 70 | 63 |

3. Comparación del costo

(Comparación entre el sistema AT-Catenaria simple alta tensa y el sistema simple-Catenaria simple unidad en Y)

En el tramo a electrificar en cuestión, pasan las líneas de transmisión de energía de 400kv y 230kv cada de las cuales se constituye a lo largo de la vía ferroviaria comparativamente en las cercanías. La línea de energía de 230kv se podrá utilizar como si fuera la línea exclusiva para la electrificación del ferrocarril, lo cual favorecería el sistema simple en comparación con el caso general respecto al costo.

Por otra parte, la tensión alta de 230kv de la línea de energía favorecería el sistema AT y se calcula que el sistema AT resulta más económico por un poco menos del 20% incluyendo el costo de construcción de la línea de energía a la subestación para electrificación del ferrocarril. (Ver II-3-1-8 para referencia)

4. Sistema A.T. y sistema de telecomunicación

| | Sistema AT | Sistema simple |
|--|------------|----------------|
| 1. Posibilidad de instalar la línea aérea | Hay | No hay |
| 2. Posibilidad de adoptar el cable menos el cable blindado de aluminio | Hay | No hay |
| 3. Relación de tensión de sonido inductivo | 1 | 4 |
| 4. Relación de distancia de anillos de la línea de conexión | 4 | 1 |

1-2 Opinión a las especificaciones (ofrecidas) en los documentos de licitación (plan original)

Uno de los puntos que señaló la misión delegada sobre el contenido de los documentos de licitación se refiere a la "permiso de alternativas". Es decir, se señaló que se debería permitir lo equivalente en cuanto a la calidad y en cuanto a los materiales, se debería permitir los adoptados sin problema en cada país.

Otro punto que propuso era que se debería aclarar la coordinación de procesos entre los diferentes áreas. Como las opiniones a las especificaciones técnicas, hay unos problemas que se deberán tomar en consideración como sistema y otros problemas relacionados a la modificación parcial del contenido descrito en cada artículo. A continuación, se enumeran unos problemas que se deberán tomar en consideración como sistema.

1) Locomotora

- a. Selección de la potencia Se recomienda 4,200 KW aproximadamente
- b. Clocación de los ejes Se recomiende B-B-B
- c. Motor de tracción Que tenga la capacidad termica suficiente
- d. Que se tenga en cuenta facilidad del mantenimiento en el diseno.
- e. Que se tomen en consideración suficiente las condiciones de aplicación.
- f. Respecto a la perturbancia inductiva, es necesario la coordinación integral con las instalaciones fijas.
- g. Que se tenga en cuenta contramedidas para los accidentes de sacudida eléctrica.

2) Subestaciones

- a. Permision del sistema AT respecto al sistema de alimentación
- b. Que se tenga en cuenta reduccion del aislamiento normal en la parte de alimentación

- c. Sistema de control remoto : Que se permita la separación entre CTC y CSC.
- 3) Catenaria
- a. Temperatura adoptada en el diseño.
Que modifique 50° C como la máxima en 40° C.
 - b. Soportes : Que sea posible adopción de los soportes de concreto.
 - c. Cable de portador : Permision de los alambres de a cero cincado .
 - d. Catenaria simple unidad en Y : Permision del sistema de catenaria sin linea Y
 - e. Cable de alimentacion : Permision de los alambres de aluminio torcidos.
 - f. Aisladores de seccion : Adopcion de secciones de resina sintetica
- 4) Señalización
- a. Sistema de circuito de vía : Se plantearon las ventajas y desventajas de diversos circuitos de vía : Circuito de vía con motor - generador, circuito de vía mono riel de corriente continua, circuito de vía con el codigo de andio frecuencia, circuito de vía del impulso, circuito de vía del divisor y el multiplicador de las frecuencia y circuito de vía de la larga distancia en éste, se propuso proponiendo la seleccion del sistema más apropiado para México.
 - b. ATS : Se propuso la importancia de su amplificacion en toda la linea ferroviaria en México .
 - c. Adopcion de corriente alterna como la fuente de energia de maquinas de cambio.
- 5) Telecomunicación
- a. Que se regule el método de medición del coeficiente de pantalla.
 - b. Adopcion de aislamiento de plástico para el aislamiento del cable.
 - c. Respecto al material de pantalla del cable, adopcion de cobre, armadura flejes de acero y cinta laminada, aparte de aluminio.
 - d. Que se defina la calidad de contramedidas para induccion (valor límite, etc.).
Y que determinen las condiciones que van a causar induccion (incluyendo la corriente de perturbacion equivalente generada de material rodante.)
- 6) Inspección y reparación de la locomotora
- a. Intervalo de inspeccion : Adopte la base de kilometraje así como la de tiempo.
 - b. Inspeccion de la locomotora : Que la determine teniendo cuenta el sistema de mantenimiento y el contenido concreto de la locomotora, y que se tenga en cuenta el aprovechamiento satisfactorio de las instalaciones existentes y el personal.

I-3 Método de evaluación de las propuestas

Como un método de evaluación, se consideran evaluación económica y la técnica. Las actividades de la misión delegada se relacionaron principalmente a la evaluación técnica. Sin embargo, se refería a la evaluación económica respecto a la locomotora ya que el período de evaluación se extendió.

En cuanto a la evaluación económica de locomotora, se recomendaron que diera más importancia al precio, financiamiento y la asistencia técnica, y que dejara de evaluar excesivamente la importancia de intercambiabilidad y suministro de los repuestos.

Hay tres clases del método de evaluación técnica que planteó la misión delegada a México. Una se refiere a los ítems de evaluación general.

La segunda se refiere a la tabla de distribución de peso en la evaluación de los órganos principales de cada sistema. Se formuló distribución de peso en la evaluación teniendo en cuenta el mantenimiento, fiabilidad (Se consideró la posibilidad de fallas y la influencia de accidentes) así como las características de cada instalación.

Los resultados se muestran en las tablas correspondientes a cada sección, II-2-3-2~3, II-3-3-1~2, II-4-3-1~2, II-4-3-1~2, II-5-3-2-1~2, II-6-5-1~2 y II-7-3-1.

Como la tercera, se enumeraron los puntos importantes de cada área como sistema con las explicaciones. A continuación, se enumeran estos puntos:

1. Locomotora

- a. Bajada de fuerza de adherencia causada por el movimiento de peso de ejes.
- b. Estructura y peso de truck
- c. Circuito principal, especialmente la estabilidad del motor de tracción y el rectificador
- d. Circuito de control y circuito auxiliar
- e. Perturbancia inductiva
- f. Peso total de locomotora

2. Respecto a las instalaciones fijas, se propuso dar la importancia a evaluación como sistema para que no se concrete sólo a la evaluación de las instalaciones y equipos individuales.

2-1 Subestaciones

- a. Que de importancia a las características de protección y las características de alimentación como el sistema de alimentación.
- b. Sobre todo, se agregaron las particularidades del sistema AT como los datos de referencia.

2-2 Oatenaria

- a. Que de importancia a las características de vibración, resistencia mecánica, características de colector de corriente y capacidad de corriente.
- b. Se detallaron, especialmente, los puntos importantes de la evaluación sobre los herrajes principales que causarían los problemas en mantenimiento.

2-3 Señalización

- a. Contramedidas para la perturbación inductiva por la onda armonía en el circuito de vía
- b. Coordinación de aislamiento
- c. Mantenimiento del circuito de vía y las maquinas de cambio
- d. Coordinación con el sistema de telecomunicación
- e. Facilidad de expansión de ATS

2-4 Telecomunicación

- a. Perturbación inductiva
- b. Número de circuito de reserva
- c. Estabilidad del circuito de telecomunicación
- d. Resistancia dielectrica de los cables de telecomunicación
- e. Facilidad de mantenimiento del equipo repetidor de onda portadora

2-5 Inspección y reparación de la locomotora

- a. Respecto a la construcción del taller, se debe dar más importancia a la disposición total en el taller y manejabilidad de los trabajadores que el rendimiento de los equipos de inspección y reparación.
- b. Sobre todo, en vista del estado actual del taller de DEL en México, respecto a la construcción del nuevo taller de EL en cuestión, proponemos que sería necesario revisar completamente el sistema de inspección y reparación de la locomotora, incluyendo y el depósito actuales de DEL.

I-3-2 Intergración nacional y transferencia de tecnología

Se estudio al respecto con algun tiempo. Este trabajo se refiere a la investigación del nivel técnico actual de México, los materiales de los diversos artículos estipulados en las especificaciones, sus características y las dificultades en su producción. De acuerdo con dichos puntos así como las experiencias obtenidas en Japón, se clasificaron en las siguientes categorías las piezas y equipos:

- 1) Los que se pueden mexicanizar inmediatamente en el momento actual
- 2) Los que se pueden mexicanizar con las especificaciones modificadas
- 3) Los que se podrían mexicanizar dentro del proyecto actual con un cierto grado de incorporación técnica un poca inversión
- 4) Los que se podrán mexicanizar a partir del próximo proyecto
- 5) Los que requieren el tiempo considerable para mexicanizar
- 6) Los equipos y piezas para los cuales la nacionalización no tienen la racionalidad económica

En cuanto a los resultados, refiérase a II-2-3-4, II-3-3, II-4-3-4, II-5-3-4, II-6-5-3 y II-7-3-3. Respecto a las generalidades de la transferencia técnica, se refería a la administración del sistema, mantenimiento, capacitación del personal, puesta en servicio de electrificación, etc. Los detalles se indican en el Anexo 2.

I-3-3 Otros items especiales

Lo que se tomó en consideración en el último momento es lo relacionado a las características de sobrecarga del motor de tracción de locomotora eléctrica. En el caso del motor de tracción utilizado en el tramo en pendiente como el de México, sus características de sobrecarga constituirán un problema especial, proponemos que, entre los diferentes tipos de motor, A,B,C,D, y E, es inapropiado utilizar, sobre todo, el tipo A en el tramo en pendiente continua como el México por su característica de sobrecarga del motor.

INDICE

I INTRODUCCION

| | |
|---|---|
| 1. Objeto del trabajo de la misión | 3 |
| 2. Alcance del trabajo de la misión | 3 |
| 3. Desarrollo | 3 |
| 4. La misión delegado por JICA | 5 |

II TEMAS PARTICULARES

| | |
|--|----|
| 1. CONDICIONES FUNDAMENTALES | 9 |
| 1-1 Pronóstico de tráfico | 11 |
| 1-2 Plan de circulación de los trenes | 11 |
| 1-3 Locomotora | 13 |
| 1-4 Normas de vía | 13 |
| 1-5 Sistema de electrificación | 13 |
| 1-6 Señalización | 13 |
| 1-7 Telecomunicación | 13 |
| 1-8 Inspección y reparación de la locomotora | 13 |
| 2. LOCOMOTORA | 15 |
| 2-1 Estudio sobre locomotora | 17 |
| 2-1-1 Sistema de trenes | 17 |
| 2-1-2 Selección de potencia de locomotoras | 17 |
| 2-1-3 Truck | 18 |
| 2-1-4 Control de circuito principal | 18 |
| 2-1-5 Motor de tracción y sus transmisión | 19 |
| 2-1-6 Consideración para el mantenimiento | 20 |
| 2-1-7 Consideración de acuerdo con las condiciones de servicio | 20 |
| 2-1-8 Notas para la electrificación | 21 |
| 2-2 Opinión sobre las especificaciones ofrecidas | 21 |
| 2-2-1 Opinión general | 21 |
| 2-2-2 Opinión sobre cada artículo | 21 |
| 2-3 Principio de evaluación de las propuestas | 24 |
| 2-3-1 Método de cálculo de características de locomotora | 24 |
| 2-3-2 El método de evaluación de las locomotoras | 26 |
| 2-3-3 Puntos a chequear en evaluación de locomotora | 36 |
| 2-3-4 Estudio sobre fabricación nacional | 42 |
| 2-3-5 Estudio sobre de características de sobre-carga de motor de tracción | 46 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 3. | SISTEMA DE ALIMENTACION Y SUBESTACIONES | 53 |
| 3-1 | Estudio sobre el sistema de alimentación e instalaciones de subestaciones | 55 |
| 3-1-1 | Funciones del sistema de suministro de energía | 55 |
| 3-1-2 | Sistema de alimentación | 56 |
| 3-1-3 | Distancia entre las subestaciones | 58 |
| 3-1-4 | Características eléctricas del circuito de alimentación | 60 |
| 3-1-5 | Sistema de alimentación paralela | 70 |
| 3-1-6 | Instalaciones de fuente de energía | 70 |
| 3-1-7 | Instalaciones de subestaciones | 71 |
| 3-1-8 | Comparación del costo de obra | 78 |
| 3-2 | Opinión sobre las especificaciones ofrecidas | 80 |
| 3-2-1 | Principio de estudio | 80 |
| 3-2-2 | Opinión sobre sistema global | 80 |
| 3-2-3 | Opinión sobre los artículos | 82 |
| 3-3 | Principio de evaluación de las propuestas | 83 |
| 3-3-1 | Artículos de evaluación | 83 |
| 3-3-2 | Punto de chequeo de evaluación | 86 |
| 3-3-3 | Estudio sobre integración nacional | 87 |
| | | |
| 4. | CATENARIA | 91 |
| 4-1 | Estudio sobre el sistema de catenaria | 93 |
| 4-1-1 | Condiciones fundamentales de estudio | 93 |
| 4-1-2 | Característica de colector de corriente | 93 |
| 4-1-3 | Simulación de computador | 96 |
| 4-1-4 | Consideraciones sobre el material de catenaria | 99 |
| 4-1-5 | Comparación del costo de obra | 100 |
| 4-2 | Opinión sobre las especificaciones ofrecidas | 102 |
| 4-2-1 | Opinión sobre el sistema global | 102 |
| 4-2-2 | Permision de las alternativas | 105 |
| 4-2-3 | Opinión sobre los artículos | 105 |
| 4-3 | Principio de evaluación de las propuestas | 107 |
| 4-3-1 | Artículos de evaluación | 107 |
| 4-3-2 | Punto de chequeo de evaluación | 109 |
| 4-3-3 | Evaluación sobre los herrajes de catenaria | 110 |
| 4-3-4 | Estudio sobre integración nacional | 112 |
| | | |
| 5. | SEÑALIZACION | 115 |
| 5-1 | Estudio sobre el sistema de las instalaciones de señalización | 117 |
| 5-1-1 | Principio fundamental del estudio de las instalaciones de señalización | 117 |
| 5-1-2 | Principio de estudio del sistema | 117 |
| 5-1-3 | Instalaciones de señalización y su protección en el tramo electrificado de corriente alterna | 117 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 5-1-4 | Facilidad de expansión del sistema | 118 |
| 5-1-5 | Carácterística de economía | 118 |
| 5-1-6 | Mantenimiento | 118 |
| 5-1-7 | Prevención de accidentes de explotación causdos por fallas de las instalaciones | 119 |
| 5-1-8 | Obras | 119 |
| 5-2 | Opinión sobre las especificaciones ofrecidas | 120 |
| 5-2-1 | Opinión sobre el sistema global | 120 |
| 5-2-2 | Permision de las alternativas | 123 |
| 5-2-3 | Opinión sobre los artículos | 123 |
| 5-3 | Principios de evaluación de las propuesta | 124 |
| 5-3-1 | Artículos de evaluación | 124 |
| 5-3-2 | Punto de chequeo de evaluación | 131 |
| 5-3-3 | Principio de evaluación del sistema | 132 |
| 5-3-4 | Estudio sobre integración nacional | 136 |
| 6. | TELECOMUNICACION | 141 |
| 6-1 | Estudio sobre el sistema fundamental de telecomunicación | 143 |
| 6-2 | Cable de telecomunicación | 145 |
| 6-2-1 | Generalidades de los cables recomendados | 145 |
| 6-2-2 | Opinión sobre las especificaciones ofrecidas | 146 |
| 6-3 | Equipos de telecomunicación | 148 |
| 6-3-1 | Generalidades de los equipos telecomunicación recomendados | 148 |
| 6-3-2 | Opinión sobre las especificaciones ofrecidas | 150 |
| 6-4 | Estimación de inducción | 152 |
| 6-4-1 | Perturbación inductiva y sistema de alimentación parte 1 | 152 |
| 6-4-2 | Perturbación inductiva y sistema de alimentación parte 2 | 157 |
| 6-4-3 | Medición de conductividad eléctrica de tierra | 159 |
| 6-5 | Principio de evaluación de las propuestas | 162 |
| 6-5-1 | Artículos de evaluación | 162 |
| 6-5-2 | Principio de evaluación del sistema | 168 |
| 6-5-3 | Estudio sobre integración nacional | 185 |
| 7. | INSPECCION Y REPARACION DE LOCOMOTORA | 187 |
| 7-1 | Estudio sobre sistema de inspección y reparación de locomotora | 189 |
| 7-1-1 | Principio fundamental de inspección y reparación de locomotora' | 189 |
| 7-1-2 | Principio fundamental de inspección y reparación de las instalaciones ... | 193 |
| 7-2 | Opinión sobre las especificaciones ofrecidas | 198 |
| 7-2-1 | Opinión sobre el sistema global | 198 |
| 7-3 | Principio de evaluación de las propuestas | 198 |
| 7-3-1 | Evaluación de las propeostas | 198 |
| 7-3-2 | Evaluación sobre el plan del taller nuevo de inspección y reparación de locomotora | 200 |
| 7-3-3 | Punto de chequeo de evaluación | 207 |

Anexo

| | |
|---|------------|
| 1. Estudio Sobre Los Tramos de Electrificación | 215 |
| 2. Transferencia de Tecnología..... | 224 |
| 3. Lista de Los Informes formalmente Presentados por la Misión de JICA | 230 |
| 4. Personas relacionadas Principales de S.C.T. | 232 |

I INTRODUCCION

I INTRODUCCION

1. OBJETO DEL TRABAJO

Tiene por objeto dar recomendaciones técnicas sobre el contenido de los criterios técnicos, las especificaciones del documento de licitación y la propuesta respecto al tramo México-Querétaro-Irapuato (352 km) cuya electrificación se está preparando por la Secretaría de Comunicación y Transporte de los Estados Unidos de México (De que en adelante se llama S.C.T.) prestando colaboración en la promoción del proyecto de electrificación.

2. ALCANCE DEL TRABAJO

2-1 Tramo sometido al trabajo

México-Querétaro-Irapuato (352 km) y el taller de reparación de la locomotora de San Luis Potosí.

2-2 Alcance de los trabajos

Los trabajos principales realizados para el objeto del trabajo son como se sigue:

(1) Preparación preliminar

Se realizó la colección y el arreglo de las informaciones, datos, etc. necesarios para el trabajo, así como la compración del tramo y el sistema de la electrificación México.

(2) Investigación en México

Se realizó en México la investigación sobre la situación actual de los Ferrocarriles Nacionales de México relacionadas al proyecto de electrificación, el nivel técnico de las industrias relacionadas y la conductividad a tierra que será necesaria para estudiar las medidas a la inducción de telecomunicación.

(3) Estudios y recomendaciones

Se dan las recomendaciones necesarias a los funcionarios encargados de la S.C.T. de acuerdo con la investigación en México y el informe dado por S.C.T. también en Japón se realizó la obra de análisis a base de las informaciones, datos, etc. obtenidos en la preparación preliminar y la investigación en México, y se formuló el informe de los estudios según la necesidad.

3. DESARROLLO

3-1 Desarrollo obtenido hasta ahora

El tramo México-Querétaro-Irapuato es el tramo principal que parte de México, pasando por la zona industrial de norte y el granero, llegando a los Estados Unidos de América y a la costa del Océano Pacífico. Entre México y La Griega, actualmente están en servicio dos líneas de vía sencilla-línea A y línea B-cada de las cuales funciona bajo una forma independiente.

Dentro de este tramo, la zona entre México y Huehuetoca es relativamente plana en la cual están construidas casi en paralelo las líneas A y B comunicadas una a otra, realizando la operación como si fuera una vía doble, cada una teniendo una función complementaria.

Sin embargo, el norte de Huehuetoca, debido a que atraviesa la montaña, constituye una sección falta de la capacidad de transporte, con las vías separadas y muchas pendientes y curvas grandes, por lo tanto, está en construcción la nueva línea actualmente bajo la dirección de la S.C.T. la que tendrán las pendientes y curvas mejoradas en el año 1983.

Sin embargo, como se supone que se crecerá más y más el transporte de la mercancía en el tramo correspondiente a medida que se desarrolla la economía de México, se realizó el estudio para que se pusiera en marcha la tracción eléctrica al terminarse la nueva línea.

Para estos efectos, el gobierno japonés expidió una misión en 1979 para prestar la colaboración en este proyecto, dando consejos necesarios.

3-2 Desarrollo del trabajo de la misión referida

(1) En 1980, el gobierno de México concluyó un contrato de asesoría con "SOFRERALL" de Francia de la formulación de los documentos de licitación.

(2) En abril de 1980, empezamos los trabajos para los consejos al contenido técnico de los documentos de licitación proyecto.

Los procedimientos de trabajos desarrollados se clasifican en los grandes grupos como se sigue: Pero los detalles de dichos trabajos se informarán por separado por cada sección.

- (a) Preparación preliminar
 - (b) Investigación en México (Se agrega cada vez que hay necesidades.)
 - (c) Estudios y consejos con respecto al sistema
 - (d) Estudios y consejos sobre el plan original de las especificaciones
 - (e) Consejos sobre la evaluación de la propuesta
 - (f) Estudios y consejos sobre las consultas de parte de México (Cada vez que hay necesidades.)
- (3) Se terminaron todos los trabajos en México en febrero de 1981.

4. La misión delegada por JICA

(Nombre)

| | | | |
|----------|-------------------|---------|--|
| Jefe Ing | KAZUO HIRAMATSU | (JNR) | de 16 de abril de 1980 a 1º de febrero de 1981 |
| Ing | KÔICHI TAJIMA | (JNR) | de 16 de abril de 1980 a 31 de agosto de 1980 |
| Ing | TAKUJI SASAKI | (JNR) | de 23 de mayo de 1980 a 30 de julio de 1980 |
| Ing | SYUICHI SAWANO | (JARTS) | de 4 de agosto de 1980 a 24 de agosto de 1980 |
| Ing | MICHIYA HASHIMOTO | (JNR) | de 10 de Septiembre de 1980 a 14 de Noviembre de 1980 |
| Ing | MASARU FURUTA | (JNR) | de 10 de Septiembre de 1980 a 14 de Noviembre de 1980 |

Nota

Aparte de los técnicos enumerado arriba, se formaron grupos de estudio en cada área en Japón para ayudar los técnicos en México y su estudiaban los problemas técnicos en detalle. Algun caso enviaron algunos técnicos en corto tiempo a México llevando el resultado del estudio.

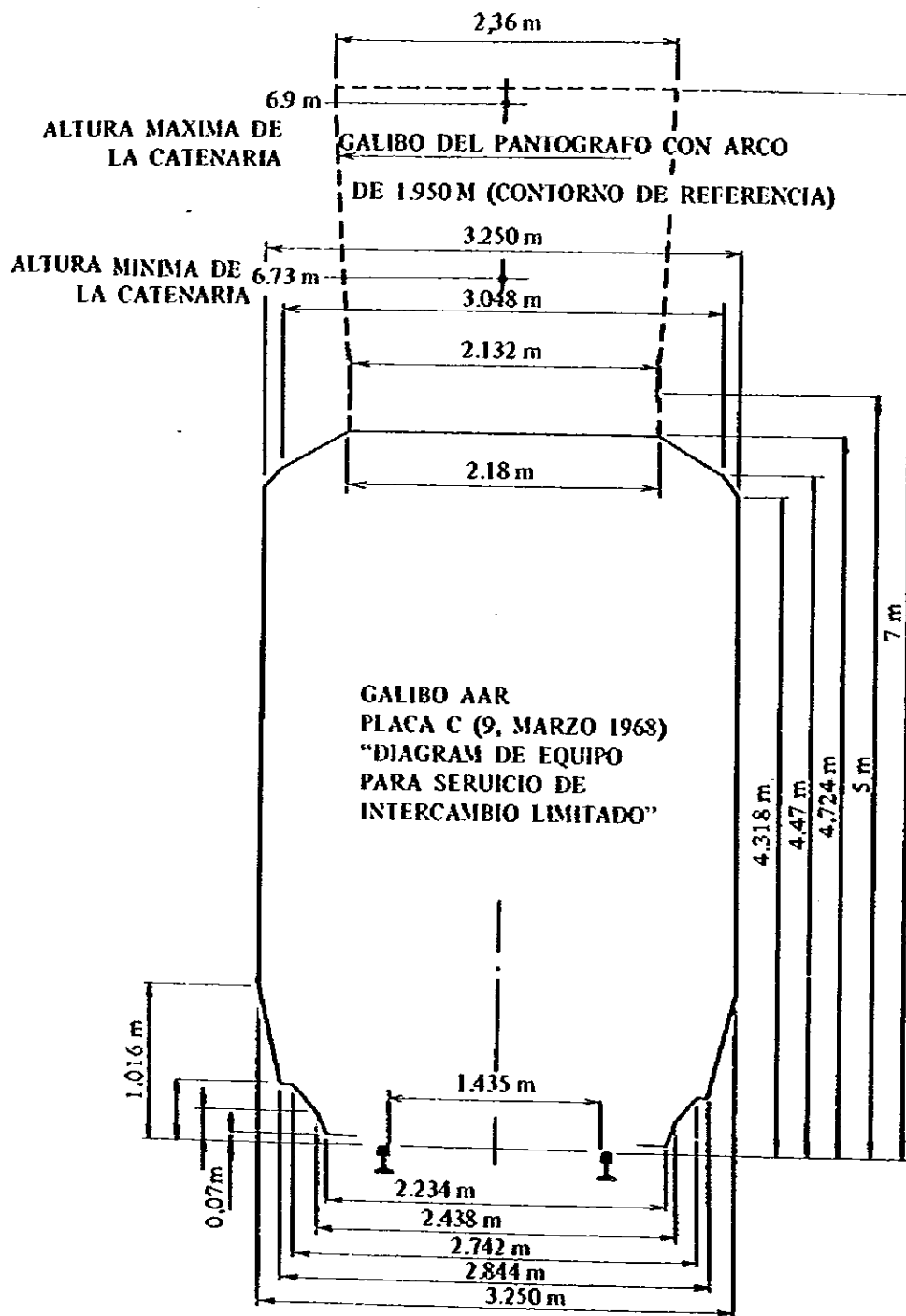


Fig. 1-1 Galibo

II TEMAS PARTICULARES

I. CONDICIONES FUNDAMENTALES

II TEMAS PARTICULARES

1. CONDICIONES FUNDAMENTALES

1-1 Pronóstico de tráfico

A fin de planificar el proyecto de electrificación, la Secretaría de Comunicación y Transporte de México (De aquí en adelante se llama S.C.T.) estudió la cantidad de transporte supuesta en el futuro en el tramo correspondiente, resultando en la estimación de la demanda futura de transporte como se muestra en la tabla I-1.

Los estudios y consejos sobre la estimación de la demanda de transporte no están incluidos en los trabajos en cuestión.

1-2 Plan de circulación de los trenes

De acuerdo con la estimación de transporte, se presentaron por la S.C.T. los horarios de trenes para los años 1983, 1990 y 2000. Estos horarios, desde el punto de vista de los que diseñan las instalaciones de tierra eléctricas, llevan una tendencia a requerir el costo de construcción excesivo de las instalaciones causado por la concentración de carga de tracción en el período determinado de tiempo.

Sin embargo, dado que este plan de tracción se estudio por parte de México con bastante tiempo, según se dice, además con motivo del tiempo limitado y tratándose del asunto que no está incluido dentro del alcance de asesoría, no hemos realizado los estudios sobre el bien y el mal del asunto.

No obstante, antes de que se completen las instalaciones, y se ponga en marcha la operación, será necesario revisar los horarios de trenes analizando al estado real de la demanda de transporte, los manejos en el patio y las instalaciones incluyendo las de el patio.

A continuación se indican las condiciones presentadas que se requieren para revisión de los documentos, de licitación.

1-2-1 Carga remolcada

- (1) 6.000 toneladas en marcha en doble tracción destinada hacia el sur
(Pendiente máxima 0,75%)
- (2) 3.700 toneladas en marcha en doble tracción destinada hacia el norte
(Pendiente máxima 1,5%)

1-2-2 Velocidad máxima de marcha

- (1) tren de pasajeros 160 km/h
- (2) tren de carga 100 km/h

Tabla I-1 Desarrollo de la cantidad de transporte (toneladas día)

| Tramo Año | Lagriegra ~ Queretaro | | | | Ahorcado ~ Pozo Blanco | | | | Tula ~ San Juandel Río | | | |
|--------------|-----------------------|------------|---------------|-------------|------------------------|------------|---------------|-------------|------------------------|------------|---------------|-------------|
| | net norte | net sud | brut norte | brut sud | net norte | net sud | brut norte | brut sud | net norte | net sud | brut norte | brut sud |
| 1977 | 6.305 | 14.036 | 13.035 | 19.426 | 2.390 | 9.560 | 8.266 | 15.097 | 8.695 | 23.596 | 21.302 | 34.723 |
| 1980 | 8.288 | 18.451 | 17.434 | 26.250 | 2.849 | 11.390 | 9.852 | 18.225 | 11.137 | 29.841 | 27.286 | 44.475 |
| 1982 | 9.047 | 20.140 | 18.819 | 28.154 | 3.316 | 13.261 | 16.470 | 21.217 | 12.363 | 33.401 | 30.288 | 49.371 |
| 1985 | 10.321 | 22.975 | 21.080 | 31.187 | 4.165 | 16.665 | 14.412 | 26.665 | 14.486 | 39.640 | 35.492 | 57.852 |
| 1987 | 11.489 | 28.571 | 23.305 | 34.338 | 4.794 | 19.179 | 16.588 | 30.687 | 16.283 | 44.750 | 39.893 | 65.024 |
| 1990 | 13.486 | 30.022 | 27.069 | 39.618 | 5.920 | 23.696 | 20.478 | 37.882 | 19.407 | 53.698 | 47.547 | 77.500 |
| 2000 | 23.316 | 51.901 | 50.387 | 71.302 | 14.231 | 56.920 | 49.228 | 91.071 | 40.659 | 112.500 | 104.236 | 169.907 |

1-2-3 Intervalo de tiempo mínimo de marcha

- (1) destino hacia el sur 8 minutos
- (2) destino hacia el norte 9 minutos

1-3 Locomotora

1-3-1 Galibo

Como se muestra en la figura 1-1.

1-3-2 Locomotora eléctrica (para cargas y pasajeros)

- (1) Colocación de ejes C-C
- (2) Potencia 4.400 kw (25 kv)
- (3) Velocidad máxima 110 km/h
- (4) Sistema de control — Mando múltiple de doble tracción, Control de fase por tiristor

1-4 Normas de vía

1-4-1 Trocha 1.435 mm

1-4-2 Peso por eje 28 toneladas

1-4-3 Pendiente de vía

- (1) Hacia el sur 0,75%
- (2) Hacia el norte 1,5%

1-5 Sistema de electrificación

Corriente alterna monofásica 60 Hz, 25 kv

1-6 Señalización

- (1) Señalización automática de doble vía con varias luces
Debe ser el sistema posible de marcha de la vía reversible.
- (2) C.T.C. en el tramo entero
Los centros C.T.C. serán colocados en Buenavista y Queretaro.
- (3) Se instalará nuevamente A.T.S. en el tramo entero.

1-7 Telecomunicación

Se instalará el nuevo sistema adaptable al sistema existente correspondiendo a la electrificación de corriente alterna.

1-8 Instalación de Inspección y reparación de locomotora

Se inspeccionan y se reparan las locomotoras utilizadas en la electrificación en corriente alterna.

2. LOCOMOTORA

2. LOCOMOTORA

2-1 Estudio sobre locomotoras

2-1-1 Sistema de trenes

Respecto a aplicación de electrificación y dieselización, el principio generalmente aceptado es que es más económico el aplicar la electrificación en las líneas de tráfico intenso y la dieselización en las líneas de tráfico escaso.

En este sentido, será razonable el proyecto de electrificación de los Ferrocarriles Nacionales de México que se inicia con el tramo México-Irapuato que tiene el tráfico intenso.

Hay dos sistemas de electrificación las cuales son electrificación de corriente alterna y la de corriente continua. En este caso, la electrificación de corriente alterna es más favorable ya que el servicio no es muy frecuente

Generalmente hay alternativas entre el tren de locomotora eléctrica y el tren de coches eléctricos. En vista de la situación actual de los Ferrocarriles Nacionales de México en que la mayor parte de transporte se destina a cargas, el servicio estará compuesto principalmente de los trenes de locomotoras.

Se podría pensar de la posibilidad de poner en servicio los coches eléctricos únicamente destinados al transporte de pasajeros. Sin embargo, no se aprovecharán los méritos propios del coche eléctrico por razón de ineficiencia de aplicación causada por el tráfico escaso, imposibilidad del servicio directo en el tramo no electrificado debido a la distancia corta de electrificación, y también por razón de que no se permite la reducción en el costo de construcción ya que la carga por eje se determina por locomotoras, resultando que los coches eléctricos no serán convenientes en el estado actual.

En caso de que se apliquen los trenes de locomotora también para el tráfico de pasajeros, se podría considerar la posibilidad de fabricar las locomotoras separadas para cargas y para pasajeros, lo cual, sin embargo, no será provechoso teniendo en cuenta la frecuencia y la velocidad de los trenes de pasajeros en la actualidad. Al contrario, la aplicación común con las mismas locomotoras resultará más ventajosa en el punto de vista de aplicación y mantenimiento sin necesidad de gran número de locomotoras.

2-1-2 Selección de potencia de locomotoras

La potencia de las locomotoras se determina integralmente por los siguientes factores:

- (1) Condiciones de carga de los trenes (tonelaje de tracción)
- (2) Condiciones de velocidad equilibrada en pendiente máxima
- (3) Condiciones de re-arranque en pendiente máxima
- (4) Condiciones de adherencia y carga por eje
- (5) Condiciones de la velocidad máxima
- (6) Limitaciones mecánicas y dimensionales del motor de tracción
- (7) Balanza con el valor de inversión de las instalaciones eléctricas fijas

Suponiendo que la carga de tracción de tren fuera 6.500 ton que corresponde al valor máximo en la actualidad, con velocidad del tren de 100 km/h aproximadamente en la vía plana y de

50 km/h aproximadamente en la vía en pendiente ascendente de 0,75%, la potencia requerida para las locomotoras sería 8.000 kw aproximadamente por tren ya que ésta depende de las condiciones de pendiente.

Del estudio sobre el número de ejes y la carga por eje con las condiciones de arranque en pendiente (0,75%), resulta que se requerirán 12 ejes con la carga por eje de 25 t, si bien se supone que se puede producir la adherencia alto igual a la que tiene la locomotora de control de fase por tiristor de los Ferrocarriles Nacionales de Japón, con el coeficiente de adherencia en el arranque de 0,326.

En caso de que se requieran 12 ejes, se pueden considerar dos alternativas; doble tracción de locomotoras de tipo F y triple tracción de locomotoras de tipo D.

En el caso de la locomotora de tipo F, la potencia nominal por locomotora será 4.200 kw aproximadamente, mientras en el caso de la locomotora de tipo D, será 2.800 kw aproximadamente. En ambos casos, la potencia por eje será 700 kw aproximadamente.

En cuanto a los trenes de pasajeros se podría concebir el tipo D (2.800 kw), pero la uniformidad de las locomotoras en tipo F resultará más ventajosa, puesto que el tipo D tiene desventajas respecto al precio de manufactura y el costo de mantenimiento de las locomotoras.

2-1-3 Truck

Para el tipo F, se consideran dos sistemas de truck, el sistema C-C que consiste de dos trucks de tres ejes, y el sistema B-B-B compuesto de tres trucks de dos ejes.

Debido a las condiciones de vías de los Ferrocarriles Nacionales de México, sobre todo, con muchas curvas en el tramo cuya electrificación se espera en el futuro, el sistema B-B-B es recomendable, con el cual se pasan las curvas fácilmente.

En el caso de adoptar el sistema C-C, debe tener la estructura que tiene en cuenta el paso fácil en curva, reduciendo la distancia entre ejes todo lo posible, e incrementando el juego de movimiento lateral del eje intermedio del truck de tres ejes.

Es de señalar que, aunque DL en servicio actualmente no tenga problemas graves con el sistema CC, se podría ocasionar unos problemas por causa de velocidad aumentada a medida de electrificación, lo cual requerirá consideración prudente.

2-1-4 Control de circuito principal

Para el sistema de control del circuito principal, el sistema de control de fase por tiristor es recomendable por sus méritos tales como el coeficiente de adherencia, la facilidad de el mantenimiento, etc.

Respecto al control por tiristor, hay dos alternativas, el sistema de puente mixto de tiristores y diodos que controlan solamente en tiempo de aceleración, y el sistema de puente uniforme de todos los tiristores que posibilita el frenado por recuperación de energía.

Si se tenga en cuenta solamente el tramo cuya electrificación se ha proyectado, no se aprovecharán los méritos del frenado por recuperación de energía en forma satisfactoria. Sin embargo, si se proyecta la electrificación extendida hasta Veracruz, etc. en el futuro, será muy efectivo el frenado por recuperación de energía. Por consiguiente, debe ser estudiado bien para

decidir si el sistema tenga el frenado por recuperación de energía o no, teniendo en cuenta el proyecto futuro de electrificación. En todo caso, es necesario instalar un freno limitador de velocidad por el frenado eléctrico en pendiente descendente larga y fuerte.

El que en cuanto número de los puentes de tiristor debe ser dividido, conectando después todos los puentes en serie, será importante y afectará a la interferencia de armónicas, factor de potencia, etc. Es necesario sea dos o más, lo cual debe determinarse integralmente teniendo en cuenta la capacidad de elementos de tiristor, la tensión y la corriente del motor de tracción, etc.

Asimismo, para reducir las armónicas, es efectivo el método de separar el bobinado secundario de transformador en dos grupos o más y controlar cada uno independientemente.

Aparte del control de fase por tiristor, se considera el método de controlar la tensión mediante el control de chopper por tiristor después de haber convertido la corriente alterna en la corriente continua mediante diodos. Este método tiene varias dificultades en eficiencia de conversión y en la cantidad de elementos electrónicos utilizados la cual es mayor, por lo cual no es recomendable en este momento.

Las locomotoras en cuestión se destinarán al transporte tanto de pasajeros como de cargas. Sin embargo, puesto que se selecciona la potencia por la velocidad equilibrada del tren de carga en pendiente, hay una diferencia grande entre la velocidad de régimen y la velocidad máxima, por lo cual para asegurar la potencia en el área de alta velocidad, se requiere el control de campo shuntado. Hay varios sistemas de control de campo shuntado tales como el sistema de control del campo con el empleo del motor de tracción como el motor con campo de excitación independiente, sistema de controlar solamente el campo de control con el empleo del motor de tracción con excitaciones mixtas, sistema de control shuntando el campo del motor con excitación en serie. Cada uno de los sistemas arriba citados tiene ventajas y desventajas, y no hará diferencia importante entre dichos sistemas.

2-1-5 Motor de tracción y su transmisión

Para el motor de tracción, es recomendable el motor de corriente continua que tiene el comportamiento estable. Hay dos alternativas del sistema; sistema con un motor por un truck, y sistema con un motor colocado en cada eje. Aquel sistema se considera favorable en cuanto al comportamiento de adherencia. Pero, con la técnica de control recién desarrollada y la selección del constante de diseño más apropiado, se podría obtener el comportamiento de adherencia alto mediante el sistema colocado en cada eje, el cual servirá suficientemente.

En el caso de la locomotora de corriente alterna, se puede seleccionar la tensión de motor de tracción libremente a través del transformador, de manera que es fundamental que los motores de tracción se conecten todos en paralelo sin que se conecten en serie, lo cual contribuye mucho al aumento del rendimiento de adherencia.

En cuanto al método de colocar el motor de tracción en el truck, basta con el sistema suspendido por la nariz si se trata de la velocidad máxima de 100 km/h aproximadamente, por el cual se podrá mejorar la característica de re-adherencia en el arranque.

Es de señalar que la capacidad térmica de los motores de tracción, transformadores, y los equipos rectificadores deben estar diseñados para que tengan capacidad suficiente para la gran corriente de arranque teniendo en cuenta parada en pendiente, re-arranque, etc. Asimismo, debe

seleccionarse el método de enfriamiento, etc. teniéndolo en cuenta lo arriba mencionado.

2-1-6 Consideración para el mantenimiento

Respecto a las locomotoras a fabricarse nuevamente, es necesario estudiar suficientemente no solamente el comportamiento en marcha sino también los aspectos de mantenimiento.

En cuanto a las piezas tales como acoplamiento automático, piezas de frenado, silbato de alarma, etc. que son comunes con las piezas de las locomotoras Diesel actualmente en servicio, será más ventajoso utilizar las piezas idénticas siempre que no hubiera razón especial.

En cuanto a los equipos eléctricos, deben adoptarse los equipos exentos de mantenimiento regular para que no se requiera el mantenimiento diario todo lo posible.

En cuanto a las partes que requieren la inspección o reemplazo con frecuencia considerable, deben tenerse en consideración su estructura para que se facilite la inspección o reemplazo.

Respecto al mantenimiento, el motor de inducción es mucho más ventajoso que el motor de corriente continua. Por lo tanto, recomendamos aplicar los motores de inducción para todos los equipos rotativos auxiliares tales como ventiladores eléctricos, motores para compresores, etc.

2-1-7 Consideraciones de acuerdo con las condiciones de servicio

No se trata de una selección sencilla: No basta con introducción a México de las locomotoras excelentes con resultados reales. Es decir, deberá verificarse si estarán conforme a las condiciones de servicio en México.

En primer lugar, respecto a las condiciones de vías, se deberán tomar en cuenta el tramo en pendiente y las curvas. Como se ha mencionado, será muy importante seleccionar la capacidad térmica, el tipo de aislamiento, y el método de enfriamiento basándose en la condición de arranque en el tramo pendiente. En cuanto a las curvas, deben tenerse en cuenta en selección de truck y su estructura. Asimismo, es necesario instalar el dispositivo engrasador de las pestañas.

Respecto a las condiciones atmosféricas, aunque no sea necesario tener en cuenta baja temperatura como unas decenas de grados bajo cero, nieve, etc., lo cual permite el diseño fácil, es necesario prestar atención suficiente a la subida de temperatura. Además se necesita tomar medidas contra arena y polvo.

Además, se debe tener en cuenta la bajada de la presión atmosférica ocasionada por la elevación del nivel del mar, ya que el tren marchará en la zona de la altitud de más de 2.000 m.

Se requiere dicha consideración en la selección de los ventiladores eléctricos. También hay que tener en cuenta la distancia de aislamiento de cada equipo eléctrico, ya que la distancia mínima de descarga será más corta a medida que baja la presión atmosférica.

En cuanto a los artículos de consumo tales como zapata de freno, escobillas y rodamientos de los equipos rotativos, etc. se requiere una provisión suficiente de los repuestos. Será más provechoso seleccionar estas piezas teniéndolo en cuenta la producción nacional futura en México.

Es recomendable tener el objeto a integración nacional en futuro no solamente de estos artículos de consumo sino también de los equipos y sus piezas, de nacionalización de los trabajos de

ensamblaje de locomotoras, así como de nacionalización de las locomotoras mismas, y tomarlo en consideración en selección y determinación de su estructura, procedimientos de manufactación, y sus piezas.

2-1-8 Notas para la electrificación

Como los puntos a observarse a medida de la electrificación, se pueden señalar la interferencia al circuito de vía que lleva las armónicas incluidas en la corriente de la locomotora, la perturbación inductiva contra la línea de telecomunicación, la educación al personal y a los obreros de mantenimiento para prevenir el sacudida eléctrica por la alta tensión, etc.

Como contramedidas para reducir las armónicas, se consideran el método de aumentar el número de división del bobinado secundario del transformador principal, el método de tomar medidas en el control tales como el control del vernier, control de fase limitado, etc., el método de aumentar el factor de ondulación en corriente rectificado, etc. Es cierto que todos los métodos arriba mencionados son efectivos, pero todos llevarían consigo el aumento del costo de manufactación de locomotoras. Por lo tanto, se debe determinar hasta qué grado se tolerará las armónicas, teniendo en cuenta las subestaciones, la selección y determinación del sistema del circuito de la vía, el mejoramiento de la línea de telecomunicación, etc.

En el caso de la electrificación de corriente alterna, será necesario las contramedidas y educaciones para la tensión tan alta como 25 kv. Contra los equipos de alta tensión en la locomotora, es recomendable tomar medidas suficientes para prevenir la sacudida eléctrica así como tener en consideración la cerradura en el circuito de protección, etc. para evitar las operaciones erróneas durante la inspección. Asimismo, es necesario dar la educación suficiente a los obreros de mantenimiento y al maquinista a fin de prevenir la sacudida eléctrica.

2-2 Opinión sobre las especificaciones ofrecidas

2-2-1 Opinión general

Nos parece que estas especificaciones imponen los reglamentos con demasiados detalles. Cada país (Francia, Inglaterra, Estados Unidos, Suecia, Japón, etc.) cuenta con sus propios sistemas y dispositivos diferentes.

El propósito de las especificaciones para este proyecto consiste en escoger los más adecuados, entre los dispositivos y piezas diferentes, debiendo tomar en cuenta las condiciones de los Ferrocarriles Nacionales de México.

2-2-2 Opinión sobre cada artículo

(1) Clasificación de los items

Como resultado del estudio detallado sobre las especificaciones ofrecidas, presentamos a México 42 recomendaciones clasificadas en los siguientes 13 items:

- 1) Items que se consideran inadecuados si se tenga en cuenta la manufactación nacional de locomotoras en el futuro en México 3

| | |
|--|----|
| 2) Items insuficientes como condiciones de diseño | 3 |
| 3) Items cuyas condiciones de diseño se consideran inadecuadas | 3 |
| 4) Items que contienen los problemas importantes en su contenido | 3 |
| 5) Items cuyo contenido debe ser simplificado | 1 |
| 6) Items en que se deben adoptar las piezas de calidad más alta | 2 |
| 7) Items en que no requiere la designación del tipo de la pieza | 1 |
| 8) Items en que se debe tachar la designación del material a usar | 4 |
| 9) Items en que se deben aliviar las restricciones | 12 |
| 10) Items en que se deben ensanchar las normas | 1 |
| 11) Items que deben conformarse a la norma internacional | 1 |
| 12) Items en que se toman en consideración los aspectos de mantenimiento | 7 |
| 13) Items de las condiciones de prueba | 1 |
| 42 puntos arriba indicados se clasifican en los siguientes equipos: | |
| Equipos relacionados a comportamiento y control | 13 |
| Equipos eléctricos | 16 |
| Equipos relacionados a carrocería y truck | 8 |

Se omite en este informe el contenido de cada ítem menos dos o tres ejemplos ya que es diversificado y detallado.

(2) Especificación original 2-2-4-1 Determinación de las condiciones del arranque del tren en pendiente

Es muy peligroso determinar el régimen de locomotoras solamente por el tonelaje de tren y el grado de pendiente. Locomotoras se usan en las condiciones bastante amplias, por lo cual se producirían problemas en el uso práctico si no se cubrieran tales condiciones por su capacidad.

En cuanto al régimen de locomotoras, será más general determinarlo en términos de régimen continuo y de régimen a corto tiempo. El régimen estipulado en estas especificaciones corresponde al régimen continuo. Por eso, aparte de esto, es necesario determinar como el régimen a corto tiempo la condición de que sea posible arrancar de nuevo después de la parada a medio camino de la pendiente.

Además, es recomendable hacer simulación de marcha del tren (Alimentando las características de las locomotoras, las condiciones de la vía y las condiciones de operación, se prevé tiempo de marcha, corriente RMS y la subida de temperatura de los equipos principales) en el curso del diseño de locomotoras aunque no hace falta estipularla en las especificaciones. Habrá de ser los datos de referencia importantes para el momento de puesta en marcha actual en servicio.

(3) Especificación original 4-3-1-1, 4-1-1-2, Sistema del circuito auxiliar

En cuanto a la fuente de energía del circuito auxiliar de la locomotora de corriente alterna, el sistema generalmente aceptado es tomar la corriente del tercer bobinado del transformador principal a pesar de unas excepciones. Se pueden considerar varios sistemas del circuito según el tipo y el uso de la locomotora, entre los cuales se tienen en cuenta tres sistemas importantes como lo siguiente:

- 1) Sistema de tomar la corriente auxiliar directamente de corriente alterna monofásica.
- 2) Sistema de tomar la corriente auxiliar convirtiéndose la corriente alterna monofásica (bifásica) en la corriente alterna trifásica mediante el convertidor de fase, motor-generador, o invertidor estático.

- 3) Sistema de tomar la corriente alterna rectificándose la corriente alterna monofásica en la corriente continua.

El caso 1) se considera desfavorable para locomotoras eléctricas que llevan mucha cantidad de motores auxiliares ya que los motores auxiliares serán los motores monofásicos con condensadores que pesan mucho y se necesita el circuito de arranque si lo requiera la capacidad alguna.

El caso 2), aunque se necesitan el convertidor de fase, tiene varios méritos por los motores ligeros, arranque directo, poco mantenimiento, etc. ya que los motores auxiliares serán los motores de inducción trifásicos.

El caso 3) será desfavorable con respecto al sistema de arranque, peso, mantenimiento, precio, etc. ya que la máquina rotatoria auxiliar será motor de corriente continua, por lo cual no se aplicará salvo el caso de vehículos de doble corriente CA-CC.

En JNR, para el sistema del circuito auxiliar de locomotoras de corriente alterna, está instalado el convertidor de fase, y todas las máquinas rotatorias auxiliares se normalizan con los motores de inducción trifásicos.

Aplicación de máquinas de corriente continua para los motores auxiliares no solamente causa el aumento de peso y de precio, sino también lleva varios aspectos desfavorables en mantenimiento del rectificador, colector y escobilla de carbón, etc., por lo cual, se consideran mejores los motores de inducción trifásicos.

- (4) Especific. original, 4-3-1-2-2-Control proporcional de corriente del circuito principal para máquina auxiliar para su enfriamiento.

No es recomendable poner en función siempre la máquina rotatoria auxiliar de enfriamiento desde los puntos de vista de desgaste de la máquina auxiliar, pérdida de energía, ruido, o tapadura de filtro, etc. Por eso, sería necesario controlarlo en cualquiera manera para que se limite el uso al requerimiento mínimo en la condición de que esto no cause la pérdida de la capacidad térmica restante de los equipos a enfriar. Es decir, hay que continuar enfriamiento según el constante de tiempo térmico del equipo aun cuando se termine el paso de corriente.

El transformador principal (en el caso del sistema de enfriamiento por circulación forzada de aceite y aire-reenfriador) es el equipo con el constante de tiempo térmico relativamente grande el cual, con el uso del reenfriador de aceite eficiente, no requiere tanta cantidad del aire para enfriar que se puede quedar siempre en función.

Para los rectificadores, hay varios sistemas de enfriamiento tales como sistema de enfriamiento por aire, de enfriamiento por circulación forzada de aceite y aire-reenfriador, de ebullición de flón, etc. A pesar de la diferencia del constante de tiempo térmico de cada sistema, en todos los casos el régimen (régimen máximo absoluto) se determina por la temperatura en la parte de conexión interior de elementos. Por lo tanto, debe determinarse el control de enfriamiento estimando la subida de temperatura por el tipo de corriente supuesta de carga real.

Se supone que el motor de tracción requerirá enfriamiento continuo de cierto tiempo después de que se termine el paso de corriente, teniendo en cuenta su constante de tiempo térmico. Es para asegurar una capacidad térmica restante mediante la bajada de temperatura inicial cuando se arranca de nuevo.

2-3 Principio de evaluación de las propuestas

2-3-1 Método de cálculo de características de locomotora

Se tienen en cuenta numerosos factores para determinar el comportamiento más adecuado de locomotora (potencia nominal, velocidad de régimen, esfuerzo de tracción de régimen, etc.), los cuales son:

- (1) Condiciones de vía
 - Pendiente
 - Velocidad de límite (limitación de velocidad en las curvas, cambios, etc.)
 - Distancia entre las estaciones de escala
 - Otras
- (2) Condiciones del material rodante a remolcarse
 - Peso y longitud de tren
 - Resistencia de corrida de carro
 - Velocidad de límite del material rodante
- (3) Otras

El determinar el comportamiento de locomotora más adecuado en vista de dichas condiciones depende del tiempo del recorrido y la energía eléctrica consumida. La locomotora con mayor potencia no necesariamente tiene el comportamiento más adecuado. Determinamos el comportamiento de locomotora para que éste sea lo más racional y efectivo posible.

El comportamiento de locomotora no se determina solo con la potencia nominal. La selección y determinación de la velocidad de régimen y el esfuerzo de tracción de régimen constituyen factores importantes para determinar el comportamiento de locomotora. Según la velocidad de régimen, varía la potencia de locomotora requerida. Es decir, en algunos casos, las locomotoras con mayor potencia tienen los méritos ducidos por su potencia. En otras palabras, lo más mejor es el obtener los mejores resultados con una locomotora que tiene la menor potencia posible. Esto será un problema importante ya que a veces afecta al costo de locomotora así como al costo de las instalaciones fijas.

Aplicamos generalmente el método que se muestra en el flujo en la Fig. II-2-1.

En la Fig. II-2-1, se establecen las condiciones de la vía y el tren a remolcar en primer lugar. Luego, se presume el comportamiento de la locomotora que se considere adecuada para dichas condiciones, el que se sigue el cálculo por simulación.

se calcula mediante un computador electrónico para obtener la energía eléctrica consumida, el tiempo del recorrido así como la corriente RMS (subida de temperatura de los equipos de eléctricos). Puesto que sus resultados no son necesariamente satisfactorios, se efectúa la simulación de nuevo con el comportamiento de locomotora variado, Mediante estas operaciones repetidas, se determina el comportamiento más apropiado.

La Fig. II-2-2 muestra la gráfica general que representa los resultados obtenidos por la variación de la velocidad de régimen. Como se observa en la Fig. II-2-2, a medida que se aumenta la velocidad de régimen, la potencia de locomotora debe ser necesariamente más grande. Sin embargo, a pesar de esto, no se puede esperar la reducción del tiempo de recorrido. Por lo tanto, se determina un punto debido como el más apropiado.

No existe ninguna solución general para este valor más apropiado. Varía en cierto modo, según la proporción del costo de la locomotora, el costo para personal (A medida que prolonga el tiempo de marcha de trenes, aumenta hora por maquinista, conductor, etc.), competencia de prioridad con otros trenes, así como el tiempo de intervalo de marcha de trenes. Consiguientemente, intervienen unos elementos experimentales. Además, estos factores varían según las circunstancias de cada área.

Como se ha explicado hasta aquí, se ha determinado el valor más apropiado en las condiciones normales de operación. En el caso del tramo en rampa fuerte continua, además, se requiere estudiar la subida de temperatura de los equipos en un corto tiempo en este tramo. Asimismo, es necesario verificar si será posible el re arranque después de la parada en pendiente ascendente.

Además, en algunos casos, se determina el valor para que tenga cierta amplitud, teniendo en cuenta en adición la extensión del tramo a electrificarse en el futuro y las condiciones de la operación emergente provisional (algunos motores de tracción dañados, etc.)

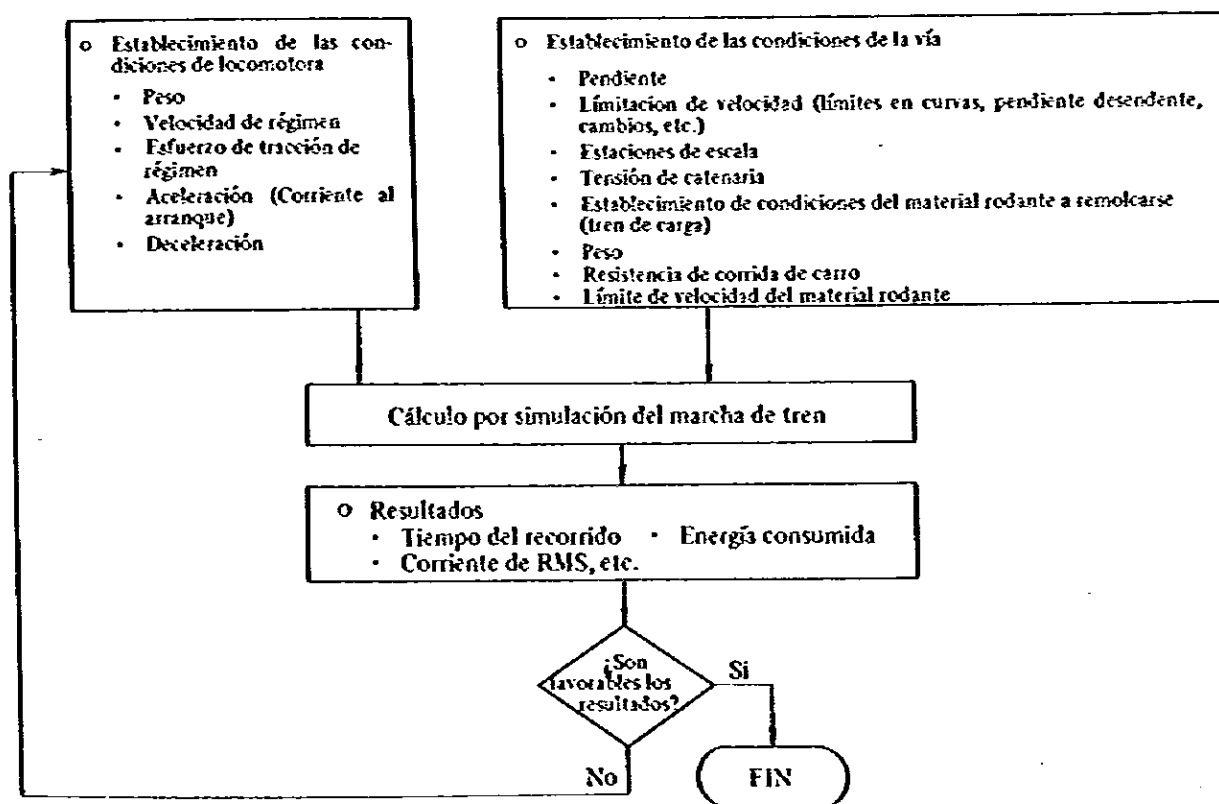


Fig. II-2-1 Flujo para determinación del comportamiento de locomotora

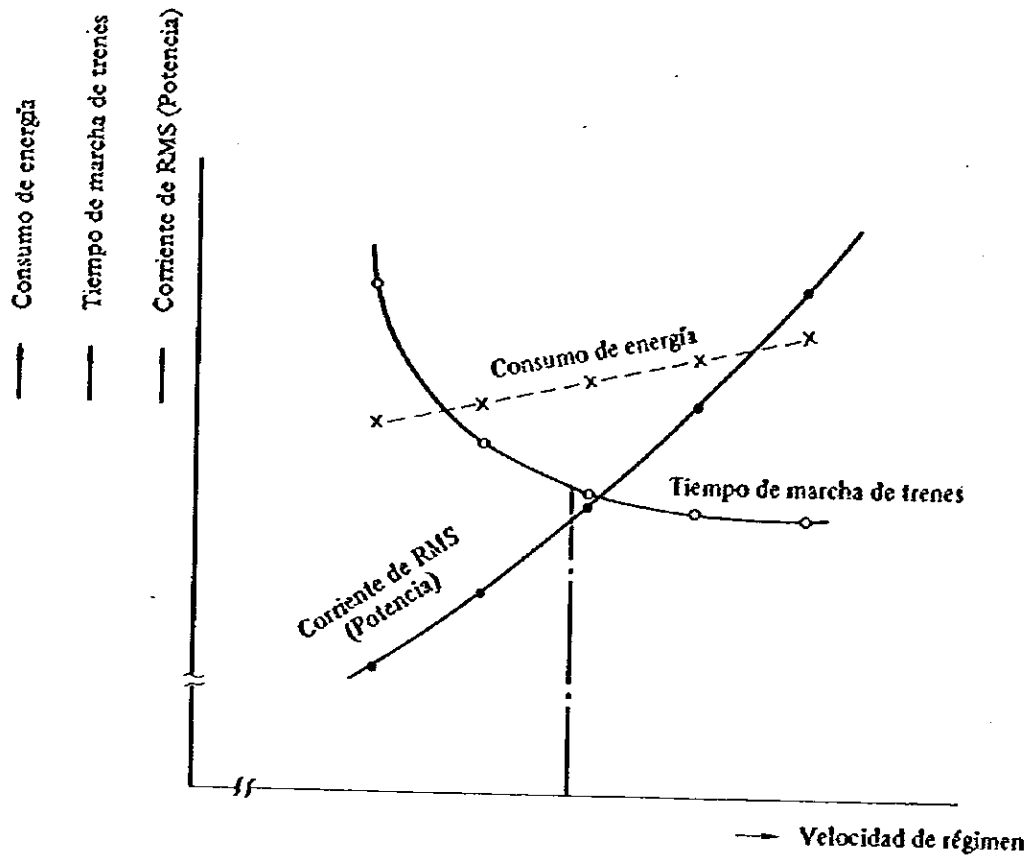


Fig. II-2-2 Curvas del resultado de simulación

2-3-2 El método de evaluación de las locomotoras

(1) Constitución total del método de evaluación

La evaluación de las locomotoras principalmente se hace del punto de vista de los dos aspectos — uno: de la técnica; otro; de la economía. Se solía a veces anteponer la evaluación técnica a la economía, pero en este caso las propuestas ofrecidas por las empresas elegidas cuidadosamente por S. C. T., por consiguiente sería mejor dar importancia así a la evaluación técnica como a la economía.

(2) Evaluación Técnica

El evaluar las locomotoras del punto de vista de la técnica no es mucho decir que evalúan la calidad de las locomotoras, es decir, es elegir la locomotora de poco deterioro y de poco y fácil mantenimiento.

Y por lo tanto, se necesita averiguar si las propuestas ofrecidas llenan las características generales de las locomotoras definidas en el documento de licitación, así mismo, se necesita juzgar la confiabilidad de la locomotora y la característica de mantenimiento, dividiéndose en los órganos de la locomotora. En esta manera de evaluar se pone la más importancia en los órganos y las piezas que se necesitan reemplazar muchas veces, que causan a veces avería, y que necesitan mucho trabajo para mantenimiento.

Adoptamos lo siguiente como clasificación de los órganos:

1) Estructura (carrocera)

- 2) Circuito de potencia (Pantógrafos, disyuntores, transformadores, rectificadores y motores de tracción)
- 3) Circuito de control y auxiliar
- 4) Trucks
- 5) Equipo neumático y frenos

Circuito de control es uno de los órganos importantes técnicamente en mantenimiento y en confiabilidad, que se muestra en la Tabla II-2-1, mostrada a continuación.

A estos órganos se les da importancia del punto de vista mencionado arriba y se muestra en la siguiente:

Tabla II-2-1 Tabla de asignación de pesantez de evaluación sobre los órganos de la locomotora

| Organos | Característica de mantenimiento | Confiabilidad | | Característica de cada órgano | Pesantez para evaluar |
|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------------|-----------------------|
| | | Posibilidad de deterioro | Influencia de avería | | |
| 1 Estructura (carrocería) | | | | Δ | 10 |
| 2 Circuito de Potencia | ○ | Δ | Δ | Δ | 20 |
| 3 Circuito de control y auxiliar | ○ | ○ | Δ | Δ | 20 |
| 4 Trucks | Δ | | ○ | Δ | 16 |
| 5 Equipo neumático y frenos | | | ○ | | 14 |
| 6 Características generales | | | | | 20 |

Observando lo arriba globalmente la pesantez puesto en la parte eléctrica y en la parte mecánica son iguales, lo era aceptado a sentido común, aunque algunas personas insisten en dar más pesantez a la parte eléctrica.

Confeccionamos la Tabla II-2-2 "Tabla de artículos necesarios para evaluar los órganos de las locomotoras", que se muestra en hoja adjunta, tomando en cuenta las características de los órganos que se muestran en la Tabla II-2-1.

Se muestra a continuación, un ejemplo de la asignación de puntos de evaluación que dan a cada artículo.

| | | |
|-----------|----------------|------------------------|
| Es decir, | excelente | 4 |
| | bueno | 3 |
| | adecuado | 2 |
| | justo adecuado | 1 |
| | inadecuado | Cero o menos bajo cero |

Especialmente las características generales de las propuestas ofrecidas se satisfacen naturalmente las definidas en el documento de licitación, por eso, en caso de que no se satisfacen ellos podrían dar puntos bajo cero.

Tabla II-2-2 Tabla de artículos necesarios para evaluar los órdenes de las locomotoras

| Organos | Característica de mantenimiento | Confiabilidad | | Característica propia de cada órgano |
|----------------------------|---|--------------------------|---|--|
| | | Posibilidad de detenerlo | Influencia de avería | |
| 1. Estructura (Carrocería) | Acoplador | | Medidas contra dete- rioro a colisión | - Galibo |
| | Amortiguador | | Largueros centrales | - Límite de funcionamiento de pantógrafo |
| 2. Trucks | Espacio para mantenimiento y montaje, desmontaje de los equipos | | Fuerza para levantar a reparación y desca- rrilamiento | - Desalaje de acoplador en curva mínima |
| | | | | - Número de cabinas |
| | | | | - Posición de cabina |
| | | | | - Disposición de equipos de 25 KV circuito |
| | | | | - Alambreado eléctrico de equipos |
| | | | | - Distribución de peso |
| | | | | - Nivel acústico |
| | | | | - Truck soldado o truck fundido |
| | | | | - Peso Total |
| | | | | - Peso debajo de resorte |
| | | | - Altura de pivot central | |
| | | | - Distancia entre ejes | |
| | | Identico al izquierda | Identico al izquierda | |
| | | Identico al izquierda | Identico al izquierda | |
| | | Identico al izquierda | Identico al izquierda | |
| | | Identico al izquierda | Identico al izquierda | |
| | | Identico al izquierda | Identico al izquierda | |

| Organos | Característica de mantenimiento | Confiabilidad | | Característica propia de cada órgano |
|--------------------------|--|---|------------------------------------|--|
| | | Posibilidad de deterioro | Influencia de avería | |
| | Engranaje Sistema de suspensión | Idéntico al izquierda | Idéntico al izquierda | |
| 3. Circuito de Potencia | Disyuntor monofásico (25 kV) Enfriamiento de rectificador Enfriamiento de transformador Protección contra polvo | Simplicidad Protección de circuito Conexión de semi-conductores de rectificador #1 Tensión de semi-conductores de entrada Estabilidad de motor de tracción #2 | Disyuntor monofásico Pararrayos | Conexión de motor de tracción Sistema de motor de tracción |
| 4-1 Circuito de control | Electronización (Ejemplo: tipo de registro de velocidad y señal) | Simplicidad Protección de circuito | | Característica de readhesivo Repetición de señal Equipo de parada automática Equipo de comunicación de radio V A C M A |
| 4-2 Circuitos auxiliares | Motor eléctrico auxiliar #2 (Sistema de corriente continua o de corriente alterna) | Simplicidad Protección de circuito | | |

| Organos | Características de mantenimiento | Confiabilidad | | Característica propia de cada órgano |
|------------------------------|--|--------------------------|-----------------------|---|
| | | Posibilidad de deterioro | Influencia de avería | |
| | Baterías Equipo para cargar baterías #3 (1 fase o 3 fase) | | | |
| 5. Equipo neumático y frenos | Sistema | Identico al izquierda | Identico al izquierda | |
| | Compresor de aire | Identico al izquierda | Identico al izquierda | |
| | Tanque de depósito | Identico al izquierda | Identico al izquierda | |
| | Manguera | Identico al izquierda | Identico al izquierda | |
| | Tipo de zapata | Identico al izquierda | Identico al izquierda | |
| | Cilindro de freno | Identico al izquierda | Identico al izquierda | |
| | Freno de mano | Identico al izquierda | Identico al izquierda | |
| | Instrumento | Identico al izquierda | Identico al izquierda | |
| | Aire auxiliar de control | | | |
| | | | | |
| | | | | 6. Características generales Potencia en ruedas Fuerza continua Velocidad min. continua Fuerza tractiva al arranque Velocidad máxima Aproximación con curva de capacidad de freno eléctrico |

| Organos | Característica de mantenimiento | Confiabilidad | | Característica propia de cada órgano |
|---------|---------------------------------|--------------------------|----------------------|---|
| | | Posibilidad de deterioro | Influencia de avería | |
| | | | | Aproximación con curva de fuerza máx. de freno eléctrico Peso total de locomotora Radio min. de curvatura Factura de potencia Eficiencia Variación de tensión Interferencia inductiva Transferencia de peso de eje |

(3) **Evaluación economía**

1) **Precio y Financiamiento**

Precio y Financiamiento se pueden evaluar concretamente con cifras y son fácil comparar, así mismo, deberán ser artículos que se evaluarán asignado una pesantez específica alta.

Somos la misma Opinión que S.C.T.

Hay otros artículos de evaluación económica, es decir:

(a) **Como artículos que tienen relación con mantenimiento:**

2) **Suministro de refacciones y 3) Posibilidad de intercambio.**

(b) **Como artículos que tienen relación con calidad de la locomotora:**

4) **Curriculum y 5) Garantías**

(c) **Como artículos para preparar completamente la inauguración de la operación de la electrificación:**

6) **Soporte técnico 7) Plazo de entrega**

(d) **Otros artículos que relacionan con desarrollo de la economía mexicana.**

8) **Fabricación nacional 9) Transferencia de tecnología**

10) **Empleo y 11) Balance de pagos internacionales**

Desde (a) a (d) significan los índices complementarios y macroeconómicos para la evaluación.

Entonces es natural que "Precio y Financiamiento" puedan ocupar grandes partes en evaluación económica.

(2) **Suministro de refacciones**

Este artículo se deberá evaluar desde dos puntos, es decir, uno: facilidad de suministro de refacciones que tiene relación con la cantidad de almacenamiento de piezas de reparación de la locomotora, otro: si se limita el proveedor, resultaría la subida de costo de piezas para reparación y algunas veces impedirá el suministro suave de las piezas.

Entonces este artículo tiene relación económicamente con el precio de refacciones, que es igual aproximadamente a cuatro ó cinco por ciento de precio de locomotora total.

Es decir, este artículo será evaluado por la cantidad de disminución de las existencias causada por la suavidad de suministro de refacciones.

(Ver nota: 1, que se muestra en la parte posterior del artículo 3)).

(3) **Posibilidad de intercambio**

Nuestra opinión es diferente de la de S.C.T., vamos a expresarla en detalle.

Las locomotoras eléctricas nuevas y las de diesel se tienen piezas en común; lo que tiene una ventaja considerable.

Especialmente en el caso de esta electrificación, en el depósito de Valle de México se ejerce inspección y reparación diarias y ligeras de las locomotoras eléctricas, asimismo de las Diesel. Por lo tanto, piezas intercambiables entre las locomotoras eléctricas y las de Diesel resultarán que se disminuye la cantidad de las existencias en almacén.

Entonces las piezas que se usan en el equipo de freno como zapatos de frenos que se cambian frecuentemente en el depósito y filtros de aire que se emplean por largo tiempo adaptado al ambiente en México; estos elementos de las locomotoras Diesel deben ser objetos que F.N.M. pide

al contratista finalmente elegida su uso a la locomotora eléctrica.

Observando lo arriba, desde el punto de vista de economía, este artículo posee económicamente la misma significación al artículo 2) mencionado arriba (Ver Nota 1), y sería necesario considerar que este artículo producirase la disminución de inversión a los equipos del taller que va a construir.

Pero este punto de vista no se podría estimar en alto grado por falta de la capacidad del taller actual de la locomotora Diesel (Ver Nota 2) y por la razón que se muestra a continuación.

Se necesita considerar dos puntos que se muestran en lo siguiente para evaluar "Posibilidad de intercambio".

uno: Las piezas que se emplean en las locomotoras Diesel habían sacado hace mucho tiempo y algunos necesitan muchos en mantenimiento (Ver "Nota 2" se muestra en la parte posterior de este artículo).

Deberá tomar cuidado para no dejar de adoptar las técnicas avanzadas y las piezas nuevas de alta calidad por hacer mucho caso de "Posibilidad de intercambio".

dos: La estimación en mucho a "Posibilidad de intercambio" impide a veces la realización de las características propias de las locomotoras eléctricas.

Ejemplo 1:

Adopción de motores de tracción a las locomotoras eléctricas que se emplean en las locomotoras Diesel actuales resultará:

(a) Se produce arco en la parte de colector de motor debido a la corriente ondulada que se produce sólo en la locomotora eléctrica, y debido a la variación grande de tensión aplicado a motores propio de las locomotoras eléctricas.

(b) La diferencia de clase de aislamiento de motor entre el de las locomotoras eléctricas y el de las Diesel se diferencia en la corriente permisible.

Ejemplo 2:

Adopción ejes y ruedas de la locomotora Diesel resultará que el diámetro de eje y de rueda impide la arbitrariedad del diseño del motor que se usa en la locomotora eléctrica; lo que resultará que el motor dé poco margen de rendimiento debido a que el espacio se limita por estos diámetros.

Motor de tracción constituye el corazón de la locomotora eléctrica, entonces será importante dar preferencia primero sobre el motor de tracción a todo el mundo.

Evaluación global económica sobre los artículos "Suministro de refacciones" y "Posibilidad de intercambio".

El costo de refacciones de una locomotora es de 4—5 por ciento del precio de una locomotora que asciende a 2 millones de pesos M.N. (m.p.).

Si la cantidad rebajada del costo de refacciones por realización de "Suministro suave de refacciones" y "Posibilidad de intercambio" es de 10 por ciento del costo de refacciones, la cantidad del ahorro llega 0,2 m.p. anualmente, que solo equivale la mitad de los intereses que se produce desde la diferencia de 5 por ciento del precio de la locomotora, suponiendo que la tasa de los intereses sea 10 por ciento por año.

No se considera la disminución de la inversión al taller que va a construir en el proyecto de esta electrificación, porque falta de la capacidad de los talleres actuales para las locomotoras

Diesel, Muestra en Nota No. 2.

A principios de Noviembre visité el taller de San Luis Potosí que se encargaba la inspección y reparación de las locomotoras Diesel, para estudiar el tema de "Transferencia de Tecnología". En aquel tiempo se veían 300 locomotoras Diesel colocado en este taller.

En la actualidad me dicen que F.N.M. tiene 1.200 locomotoras Diesel. Por la diferencia de intervalo de reparación entre las locomotoras Diesel y las eléctricas, se entiende que la cantidad de las locomotoras Diesel en el taller es de mayor que las de las eléctricas, pero que aunque se admite que la cantidad de las locomotoras Diesel colocado en taller sean dos veces más que las eléctricas, siendo esta cantidad debería ser aproximadamente una quinta parte en caso de las electricas, es decir, 120 locomotoras Diesel, sumando en Taller de San Luis Potosí y Monterrey.

Esta realidad muestra que el mejoramiento del sistema de reparación de las locomotoras Diesel y el agrandamiento de las instalaciones para reparación sean urgentes y al mismo tiempo se necesite mejorar profundamente algunos elementos y órganos de las locomotoras Diesel.

Por ejemplo estan trabajando en gran escala la recomposición de las devanados de los motores. En ferrocarriles nacionales de Japón, no necesitan estos trabajos porque el devanado de motor se consolida con resina epoxídica y no necesita arreglarlo durante más de 20 años. Por consiguiente, sea deseable adoptar piezas y órganos de las locomotoras eléctricas a las Diesel sin aferrarse en "Posibilidad de Intercambio". Si se pudiera disminuir 150 locomotoras que están colocadas en taller de San Luis Potosí, se podría instalar unos talleres nuevos de reparación de las locomotoras.

(4) Curriculum

Al ver el contenido de las propuestas de los oferentes, se podría juzgar globalmente la calidad de las locomotoras eléctricas, pero el curriculum de los oferentes se podría servir para evaluar la calidad de la locomotora como sugerencia.

En este caso, los oferentes están elegidos por S.C.T., por eso la pesantez de la evaluación convenga ser igual aproximadamente una quinta parte de los puntos de evaluación, que darán a la calidad de las locomotoras en la evaluación técnica. Es decir, la opinión de S.C.T. es casi igual a la nuestra.

(5) Garantías

Garantías definidas en los documentos de licitación que dan sobre los elementos de las locomotoras eléctricas, han de responderse por los oferentes. Como las locomotoras se pueden usar durante unas decenas de años, este artículo de garantía se considera como sugerencia que darán puntos iguales a los del artículo 4.

Pero si se encontraran en las propuestas de los oferentes, algunas contravenciones sobre garantías definidas en los documentos de licitación, se deberá aplicar puntos grandes menos bajo cero. La opinión de S.C.T. es igual que la nuestra.

(6) Soporte Técnico

Generalmente en la introducción del nuevo sistema, como la electrificación de esta vez, el sistema no funcionará bien sin soporte técnico.

El contenido de soporte técnico parece que no se puede evaluar exactamente, solo por las propuestas de los oferentes, por lo tanto será necesario estimar la experiencia de que los oferentes

han tenido en sus países, el hecho que se había realizado en los países extranjeros y el hecho en México en los proyectos similares a la electrificación.

Sobre la locomotora eléctrica, México no necesitará tanto soporte técnico que otras países, pero en el campo de la parte eléctrica de la locomotora que ocupa la mitad de la técnica en la locomotora eléctrica, parece que sea indispensable "Soporte Técnico" porque la parte eléctrica en la locomotora eléctrica es esencialmente diferente de la parte eléctrica en la Diesel.

Por lo menos deberán dar mayor puntos de evaluación a éste artículo que a la de los artículos 2) - 5).

(7) Plazo de entrega

El plazo de entrega consta en la carta de la invitación del Sr. Ing. Miguel Angel Barberena Vega.

Entonces cuando no satisface esta fecha de entrega, deberán dar grandes puntos menos de cero como evaluación. La opinión de S.C.T. es casi igual que la nuestra.

(8) Fabricación Nacional, (9) Transferencia de Tecnología y (10) Empleo

Desde el punto de vista de incremento de empleo en México, es deseable que se realice la fabricación nacional cuanto antes y se aumente la proporción del uso de producciones mexicanas. En el informe de S.C.T. sobre el artículo de "Fabricación Nacional" están expresando varios pareceres que estan de acuerdo con nosotros. Deseamos que establezcan lo más pronto posible el plan de la Electrificación a mediano y largo plazo.

Sobre "Transferencia de Tecnología" ya estamos entregando nuestra opinión a ustedes. Este artículo es difícil de evaluar solo por las propuestas igualmente al artículo de "Soporte Técnica", por eso se necesitará una consideración mencionadas en el artículo 6). Pero este artículo es muy importante en alguna área que se muestra un ejemplo en "nota 2".

"Empleo" deberá estimarse al mismo tiempo que los artículos 8) y 9)

(11) Balance de pagos internacionales

No es deseable que se estime alto éste artículo, poue lo que es necesario es comprar en precio bajo las locomotoras de alta calidad. Sería conveniente para ustedes, tomar en cuenta este artículo, cuando ocurra el caso de que no pueda haber diferencia entre algunos oferentes.

(12) Conclusión

Tomando en cuenta lo arriba mencionado, mostramos un ejemplo de la asignación de pesantez para evaluar los artículos en cuestión.

Tabla II-2-3

| Item | Evaluacion | |
|-----------------------------|------------|--------|
| | Propuesta | S.C.T. |
| Precio | 290 | (269) |
| Financiamiento | 140 | (104) |
| Suministro de Refacciones | 70 | (90) |
| Posibilidad de Intercambio | 70 | (194) |
| Curriculum | 60 | (57) |
| Garantía | 60 | (63) |
| Soporte Técnico | 90 | (65) |
| Plazo de Entrega | 80 | (79) |
| Fabricación Nacional | | (89) |
| Transferencia de Tecnología | 140 | (60) |
| Empleo | | |
| Pago Internacional | | |

SUMA 1,000

() una idea por S.C.T.

2-3-3 Puntos a chequear en evaluación de locomotora

(1) Reducción del comportamiento adhesivo debida a la Transferencia de la Carga de Eje

Cuando la locomotora empieza a arrancar un tren pesado en una pendiente, debida a la altura del acoplador de 876 mm sobre el nivel del riel, etc. se produce unpar de momentos y generalmente ocurre el fenómeno de levantamiento de los ejes delanteros de los Trucks » (transferencia de carga de eje).

Una transferencia de carga de eje grande significa una reducción del coeficiente de adherencia aparente de la locomotora y facilita el patinaje de las ruedas, y así aunque tenga una potencia grande la locomotora, no es posible su aprovechamiento.

Por ejemplo, simplificando la explicación, una locomotora de 4.400 kw, con una transferencia de carga de eje de 20%, equivale a tener una de 4.400 kw x 0,8 = 3.520 kw.

Usualmente se puede calcular la transferencia de carga de eje de los Trucks que no tengan mecanismos complejos particulares con la siguiente fórmula:

Cálculo de la Transferencia de Carga de Eje

$$\Delta W_1 = - \frac{W \times \mu \times 3 \times h}{2\ell} - \frac{W \times \mu \times 6 \times (H-h)}{L_2} \left(\frac{1}{3} + \frac{6W}{2\ell} \right)$$

$$\Delta W_2 = \frac{W \times \mu \times 6 \times (H-h)}{3L_2}$$

$$\Delta W_3 = \frac{W \times \mu \times 3 \times h}{2l} - \frac{W \times \mu \times 6 \times (H-h)}{L_2} \left(\frac{1}{3} - \frac{6W}{2l} \right)$$

$$\Delta W_4 = - \Delta W_3$$

$$\Delta W_5 = - \Delta W_2$$

$$\Delta W_6 = - \Delta W_1$$

El % de la transferencia de carga de cada eje será dado por lo siguiente:

$$\frac{\Delta W_1}{W}, \frac{\Delta W_2}{W}, \frac{\Delta W_3}{W}, \frac{\Delta W_4}{W}, \frac{\Delta W_5}{W}, \frac{\Delta W_6}{W},$$

En las fórmulas anteriores se tiene la siguiente condición:

| | |
|--------------|---|
| W | Carga por eje (ton) |
| μ | Coefficiente de adherencia (0,35) |
| H | Altura del acoplador (876 mm) |
| h | Altura del punto a transferir el esfuerzo de tracción del truck al bastidor – Altura del plato de centro del truck (mm) |
| L_1 | Distancia entre los centros de trucks (mm) |
| L_2 | Distancia entre las suspensiones secundarias (mm) |
| 2l | Base rígida del truck (mm) |
| ΔW_1 | Transferencia de carga de eje No. 1 (ton) |
| ΔW_2 | Transferencia de carga de eje No. 2 (ton) |
| ΔW_3 | 3 |
| ΔW_4 | 4 |
| ΔW_5 | 5 |
| ΔW_6 | 6 |

(2) Trucks

1) Tipo de Truck

En las especificaciones para la licitación se solicita presentar propuestas de los dos tipos de truck.

(a) Soldado

(b) Fundido

La potencia y el peso de la locomotora en este caso son grandes y las dimensiones del truck son también grandes así como se requiere de mayor robustez. Por lo tanto, es necesario una tecnología altamente desarrollada para su fabricación. Si comparamos estos tipos desde el punto de vista del control de la calidad, es mucho más difícil el tipo fundido. Esto es debido a que generalmente la tecnología de la soldadura está mucho más desarrollada que la tecnología de la fundición, para partes muy grandes.

En lo que respecta al truck, se tiene el proyecto de producción nacional en un futuro próximo.

Por lo tanto, en la etapa inicial de la producción nacional, pensamos que lo recomendable sería inicialmente adquirir la tecnología en la fabricación de trucks del tipo – soldado y después, considerando la conveniencia económica, decidir si se cambia al truck tipo fundido.

En esta licitación también, se considera que se debe evaluar cuidadosamente estos conceptos para decidir el tipo de truck a seleccionar.

2) **Peso del Truck**

La causa principal de los daños a las vías es el mayor peso de la parte non-suspendida del truck y el peso del truck total.

Se debe evaluar la propuesta de cada oferente comparando los pesos citados anteriores y el truck de mayor peso tendrá puntuación peor.

(3) **Consideraciones para evaluar el sistema del circuito principal y los aparatos del mismo**

Resumiendo los Puntos para evaluar se tiene:

- 1) Que el sistema de circuito principal será sencillo.
- 2) Que se tenga una perfecta protección del circuito en caso de una falla.
- 3) Que se pueda operar para llegar hasta el depósito desconectando la parte averiada en caso de una falla del equipo, aunque sea con alguna reducción de las características.
- 4) Que tenga característica difícil de producirse el patinaje de las ruedas y además si se produce el patinaje que de inmediato tenga readherencia.
- 5) Que tenga menor número de contactores mecánicos e interruptores y que sea mínima cantidad de mantenimiento.
- 6) Que tenga alta confiabilidad de los equipos y partes importantes.
- 7) El polvo y la humedad son perjudiciales para el equipo eléctrico, se requiere una protección perfecta especialmente contra el polvo.

Los puntos anteriores tienen relación entre sí y algunos se contraponen. Sin embargo, es necesario evaluar desde el punto de vista general.

A continuación se presentan comentarios a cada punto.

- 1) Sencillez del circuito principal, es suficientemente claro para necesitar una explicación detallada sobre éste punto.
- 2) Protección del circuito en caso de una falla. También en éste punto, es suficientemente claro que no requiere explicaciones detalladas.
- 3) Sistema de anulación de las partes averiadas por falla. Por muy alta confiabilidad que tenga un equipo, no se puede decir que nunca falla.

Cuando un equipo falle, se debe poder manejar el tren hasta el depósito, bloqueando la parte averiada. Es un punto para evaluación, si se ha considerado esta posibilidad. Sin embargo, para poder anular en etapas menudas se hace complejo el sistema, hay que restar puntos.

Normalmente, será suficiente si se tiene el arreglo para poder anular cada uno de los motores de tracción.

- 4) Sistema de producir poco patinaje y además tener característica de readherencia inmediata.

En la operación de la locomotora es inevitable el patinaje de las ruedas. Sin embargo, con un diseño apropiado del sistema, se puede lograr que la iniciación del patinaje sea lo más poca.

Además, debe ser un sistema que de inmediato tenga la readherencia. Esta característica es muy importante y se puede evaluar la calidad del sistema con los puntos siguientes:

- (a) Conexión de los motores de tracción. Normalmente todos los motores deben ser conectados en paralelo. El sistema de conexión en serie ó serie-paralelo tiene demeritos muchos.

- (b) Tipo del motor de tracción.

Los motores de tracción pueden ser de los siguientes tipos: Por la conexión del campo de excitación:

en Serie

en Shunt

en Mixto

Si analizamos las características de readherencia, el motor en serie tiene la más baja con respecto a los otros dos tipos. La razón es que la disminución del esfuerzo del mismo motor en serie cuando se produce el patinaje, es menor comparado con los otros tipos. Por lo tant, una vez que se produce el patinaje, tiene el defecto de aumentar la velocidad del patinaje en comparación con los otros tipos.

- 5) Menor número de contactores mecánicos e interruptores y menor cantidad de mantenimiento.

En este punto, está suficientemente claro que no necesita explicaciones detalladas.

Las fallas debidas a las deficiencias en el contacto de los contactores es mucho mayor de lo estimado.

Revisando los planos del circuito principal y observando la cantidad de contactores mecánicos e interruptores, se puede juzgar.

- 6) Alta confiabilidad de los equipos principales. Es necesario que todos los componentes tengan alta confiabilidad; pero las partes más importantes que se deben cuidar en la locomotora de C.A. son las siguientes:

- (a) Motores de Tracción:

El motor de tracción equivale al corazón de la locomotora y si su diseño es deficiente estará propenso al contorno por arco en el colector, o a la debilidad del aislamiento por sobrecalentamiento o por polvo, etc. y se reduce notablemente la confiabilidad y la eficiencia de operación de la locomotora.

Considero que la tecnología de diseño y manufactura del motor de cada oferta es de primer nivel. Sin embargo, el motor de tracción que tiene una potencia y un par de motor demaciados grandes con relación al tamaño de él, será prueba de que hay imposibilidad en el diseño de él y está sacrificada la confiabilidad.

Normalmente se puede detectar si está forzado el diseño del motor de tracción, verificando los siguientes puntos:

- a) Método más sencillo de verificar.

$$\frac{\text{Par Motor}}{(\text{Diámetro del Motor})^2 \times \text{Longitud del Motor}}$$

- b) Método un poco más preciso de verificar.

$$\frac{\text{Par Motor}}{(\text{Diámetro del inducido})^2 \times \text{Longitud del inducido}}$$

- c) Método preciso de verificar.

- c-1) Método de verificar la estabilidad de comutación.

$$\frac{\left(\frac{\text{Corriente en una bobina del inducido}}{\pi \times \text{Diámetro del inducido}} \right) \times \left(\frac{\text{Num. total de conductores del inducido}}{\pi \times \text{Diámetro del inducido}} \right)}{\pi \times \text{Diámetro del inducido}}$$

- c-2) Método de verificar el exceso de elevación de la temperatura.

$$\frac{\left(\frac{\text{Corriente en una bobina del inducido}}{\pi \times \text{Diámetro del inducido}} \right) \times \left(\frac{\text{Num. total de conductores del inducido}}{\pi \times \text{Diámetro del inducido}} \right)}{\pi \times \text{Diámetro del inducido}}$$

$$\times \left(\frac{\text{Densidad de Corriente}}{\pi \times \text{Diámetro del inducido}} \right)$$

- d) Método para verificar la reducción de la confiabilidad contra polvo y humedad. Verificar si se tiene agujeros en la sección de la bobina del inducido para facilitar el enfriamiento.

En Japón está prohibido hacer estos agujeros.

Además, si se compara el motor para la locomotora eléctrica y el motor para la locomotora Diesel eléctrica, el motor para la locomotora eléctrica está expuesto a condiciones mucho más severas.

Esto se debe a que la tensión de entrada al motor de la locomotora diesel eléctrica es estable y no tiene variaciones extensivas y repentinas. La tensión de entrada al motor de la locomotora eléctrica recibe directamente la variación de la tensión de la catenaria y necesita resistir estas variaciones bruscas de la tensión.

Por lo tanto se debe evaluar considerando que las condiciones de la tensión y la potencia serán mucho más severas que las experiencias prácticas de las locomotoras Diesel-eléctricas.

- (b) Rectificador principal

Es necesario verificar especialmente la confiabilidad de los tiristores y diodos, según los siguientes puntos.

- a) Si los tiristores dentro de un ramal del puente del rectificador están conectados en serie, se produce un desequilibrio de la tensión entre ellos y será causa de fallas por lo que no es recomendable esta conexión.

- b) Armonía entre la tensión admisible del tiristor y diodo con el voltaje de la bobina secundaria del transformador principal.
Para estimar si es susceptible de avería por exceso de tensión los tiristores y diodos, se verifican por la estimación siguiente:

Tensión soportable máxima

Tensión nominal de la bobina secundaria del transformador

- (c) Disyuntor principal en el circuito de 25 kv.

Existen dos tipos de Disyuntor principal.

- a) Disyuntor por aire soplador interrumpe la corriente aplicando aire comprimido entre los polos.

Existen muchas partes móviles y es susceptible de dañarse los contactores por el arco, por lo que actualmente no se emplea mucho.

- b) Disyuntor de circuito en vacío.

Es el método de interrumpir el circuito abriendo los polos dentro de una válvula de vacío.

Como no se produce el arco, no se desgastan los contactores y es muy alta su confiabilidad.

Además se minimiza el mantenimiento.

Como existen estos méritos, se debe seleccionar el disyuntor de circuito en vacío.

- 7) Protección del equipo eléctrico contra polvo y humedad.

El polvo y la humedad son perjudiciales para el equipo electrónico, reduciendo considerablemente la confiabilidad.

Es necesario tomar en cuenta para que el equipo eléctrico no tenga contacto directo con el aire conteniendo polvo ó no instalarlo en los lugares susceptibles de fácil acumulación del polvo.

Se debe evaluar los siguientes puntos con atención.

- (a) Revisar el sistema de enfriamiento del Rectificador principal que es parte muy importante de la instalación electrónica.

El sistema de enfriar los tiristores y diodos sin que tenga contacto directo con el aire de enfriamiento (por ejemplo: el enfriamiento por aletas de enfriamiento o introducción en aceite de ellos) sirve para elevar la confiabilidad.

- (b) También se tiene resultado el sistema de sobre presión en la caja o gabinete que tenga el equipo eléctrico y no permitir la entrada de polvo.

En los países que tiene zonas polvorrientes se emplea muy frecuentemente este sistema.

- (4) Circuito de control

De acuerdo con la experiencia, las fallas del equipo de control ocupa el porcentaje más elevado del total de las fallas de las locomotoras eléctricas.

Por lo siguiente, es necesario evaluar suficientemente la confiabilidad del circuito de

control.

También es necesario evaluar el sistema que tenga las medidas de reducir considerablemente el costo de mantenimiento.

Se debe evaluar los siguientes puntos:

- (a) Sencillez del circuito de control
- (b) Estado sólido o la electrónica del sistema de control.

Por ejemplo, introducción de la electrónicarización del sistema de control. mantenimiento diario, etc.

En Japón ya se emplean en gran cantidad en la línea Nuevo Tokaido (Shinkan-sen) y en los otros países se empieza a emplear gradualmente.

(5) Circuito auxiliar

También en el circuito auxiliar, al igual que es el circuito de control, las bases para la evaluación serán la confiabilidad y el mantenimiento.

Se debe evaluar como base los siguientes puntos.

1) Motores auxiliares

Existen dos tipos de motores auxiliares

- (a) Motor de C.C.
- (b) Motor de inducción en jaula de ardilla (monofásico o trifásico)

El motor de (b) no requiere de escobillas ni conmutador además de su construcción más robusta por lo que tiene ventajas muy superiores al de (a).

En todas las locomotoras de C.A. de Japón se emplean este tipo de motor.

- 2) Acumulador y cargador del acumulador. Cuando está superpuesta la corriente alterna a la corriente continua de carga del acumulador, la vida del acumulador se reduce notablemente.

En las especificaciones para la licitación se solicita que la instalación de carga del acumulador sea a través del rectificador de tiristores tomando la corriente del tercer arrollamiento del transformador principal.

Sin embargo en este sistema se mezcla la corriente alterna a la corriente de carga del acumulador, por lo que reduce la vida del acumulador.

Es deseable que se cargue con la corriente rectificadora de una fuente de corriente alterna duofásica o trifásica.

2-3-4 Estudio sobre fabricación nacional

Con solo un defecto de una pieza, no se desempeñarán las funciones de la locomotora. Por lo tanto, respecto a la fabricación nacional, se deben tener en cuenta los siguientes dos puntos importantes:

- (1) Asegurar la tecnología y las instalaciones que permitan la producción exacta en conformidad con los planos
- (2) Realizar las pruebas necesarias en el proceso de producción y las pruebas seguras en el momento de acabamiento

En cuanto a la guía para nacionalización de la locomotora entero, consideramos que el mejor procedimiento es el consignar a los fabricantes especializados la producción de carrocería,

bastidor y equipos, y el montaje, equipamiento y las pruebas generales en el taller ferroviario administrado directamente, porque la mayoría de las obras mencionadas requerirá las técnicas e instalaciones comunes con las obras de reparación general, por lo cual se podrá intentar su uso eficaz.

En el caso de realizarlo en los fabricantes del material rodante privados, se deberán tener en cuenta la demanda de material rodante en futuro y el importe de la inversión de las instalaciones, lo causaría la subida del costo.

A continuación se indican los resultados del análisis sobre la nacionalización de los equipos principales clasificadas en las siguientes categorías: Los equipos son clasificados en A, B, Co, C₁, C₂, D₁, E y F por su dificultad técnica.

- A: Es posible emplear inmediatamente en este proyecto lo que se produce en México.
- B: Es posible emplear lo que se produce en México si se puede cambiar la especificación definida en el documento de licitación.
- Co: Se necesita algún medio ligero para emplear en este proyecto lo que se produce en México.
- C₁: Se incluye Co y se necesita alguna transferencia de tecnología.
- C₂: Se incluye Co y se necesita alguna inversión para fabricación.
- D₁: Será posible fabricarse en México en futuro próximo por transferencia de tecnología (en el proyecto próximo)
- D₂: Será posible fabricarse en México en futuro próximo por inversión para fabricación.
- E: Tiene la posibilidad de fabricarse en México en futuro
- F: No es razonable fabricarse en México por poca cantidad, poca utilización y por su especialidad.

Tabla 11-2-4 Hoja resumen de transferencia tecnológica

LOCOMOTORA

| Concepto | Piezas Compuestas, Organos Principal | Dificultades Técnicas | Grado |
|-------------------------------------|--|---|--|
| a) Equipo eléctrico de baja tensión | <ol style="list-style-type: none"> 1) Resistor auxiliar 2) Acumular y su cargador 3) Convertidor de fase 4) Motor auxiliar, ventilador, bomba . . . etc. 5) Acomplamiento eléctrico Conectores eléctricos 6) Equipo de control del tristor, medidores, etc. 7) Controlador principal 8) Tablero de distribución eléctrica 9) Armamento de los equipos pequeños 10) Armamento de los equipos grande 11) Carreñá, alambres de distribución eléctrica 12) Bastidor, Chasis de acero 13) Mesa del conductor, ventana, puerta, . . . etc. 14) Bastidor de bogie | <p>Algunas piezas serán compradas</p> <p>Ajustamiento de balance entre 3 faces es dificultoso</p> <p>Aunque se fabrique, en pequeña cantidad, no resultará económico</p> <p>Por ser algo especial, técnicamente es dificultoso para fabricarlos</p> <p>Aunque se fabrique, no resultará económico</p> <p>Algunas peizas serán compradas</p> <p>Será necesario aprender las obras básicas de ,pmtaje y armamiento</p> <p>Es necesario la inversión para los equipos de grúa, las - líneas canaladas etc.</p> <p>Técnicamente es difícil. Es necesario la inversión para líneas canaladas etc.</p> <p>Es necesario la inversión para instrumentos de ensables del bastidor, grúa, etc.</p> <p>Es necesario un entronamiento técnico básico</p> <p>Es necesario los instrumentos ie ensablaje y un horno eléctrico para requemar</p> | <p>C</p> <p>A</p> <p>E-F</p> <p>C-C</p> <p>F</p> <p>D-D</p> <p>E-F</p> <p>C</p> <p>C</p> <p>D</p> <p>D-D</p> <p>D-D</p> <p>D-D</p> <p>D-D</p> <p>C-C</p> |
| b) Equipo eléctrico para control | | | |
| c) Montaje y Armamento | | | |
| d) Carreñá | | | |
| e) Bogie y transmisión | | | |

| Concepto | Piezas Compuestas, Organos Principal | Dificultades Técnicas | Grado |
|-------------------------------------|--|---|-------|
| | 15) Eje | Es necesario equipos de laminación, quemado, etc. | F |
| | 16) Rueda | | B |
| | 17) Equipo de Engranaje | Es necesario equipos de maquinarias para fabricar y equipos quemadores eléctricos de alta frecuencia | D-E |
| f) Dispositivo de acoplamiento | 18) Acoplamiento automático amortiguador | Se requiere una alta precisión a maquina Artículos importados (hecho en EEUU) | E-F |
| g) Equipo de Freno | 19) Válvula de freno, válvulas de control, compresor de aire | Es preferible comprar o fabricar bajo licencia, debido a la necesidad de una técnica muy elevada o a que sea algo patentado | |
| h) Equipo eléctrico de alta tensión | 20) Pantógrafo. Disyuntor de alta velocidad | Por ser para locomotoras, las condiciones del uso son severas | C |
| | 21) Transformador principal Reactor de almadura principal | Como las condiciones de la temperatura son severas, los materiales para el aislamiento deben ser examinados | D-D |
| | 22) Rectificador de transistores principal | Es necesario una experiencia técnica para comprar los elementos del semiconductor, como para controlar el ensamblaje | D-D |
| | 23) Motor de tracción Resistor principal | Como es grande para el ensamblaje resulta un poco dificultoso | D-D |
| | 24) Disyuntor de vacío. Para-Rayos | Fuera de la necesidad de inversión para los equipos la cantidad es muy pequeña | F |

2-3-5 Estudio sobre las características de sobre-carga del motor de tracción

2-3-5-1 Comparación de los motores de tracción

Los ítems principales y las características del motor de tracción propuesto por cada proponente y presentados por la SCT se indican en la table II-3-3 y la figura II-2-3.

Tabla II-2-5

| Ítem | A | B | C | D | E |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| DIAMETRO ARMADURA mm. | 489 | 467 | 620 | 630 | 600 |
| LARGO NUCLEO ARMADURA mm. | 394 | 406 | 390 | 390 | 385 |
| RELACION DE ENGRANES | 1:4.15 | 1:4.12 | 1:4.47 | 1:4.47 | 1:4.35 |
| DIAMETRO RUEDAS mm. | 1016 | 1016 | 1067 | 1067 | 1118 |
| VELOCIDAD MINIMA CONT. Kph. | 43 | 38 | 43 | 43 | 37 |
| ESFUERZO DE TRACCION CONT. KN | 360 | 360 | 360 | 367 | 380 |
| PESO MOTOR Kg ms. | 3595 | | | 4800 | 4750 |
| PESO LOCOMOTORA TONS. | 168 | 150 | 150 | 152 | 168 |

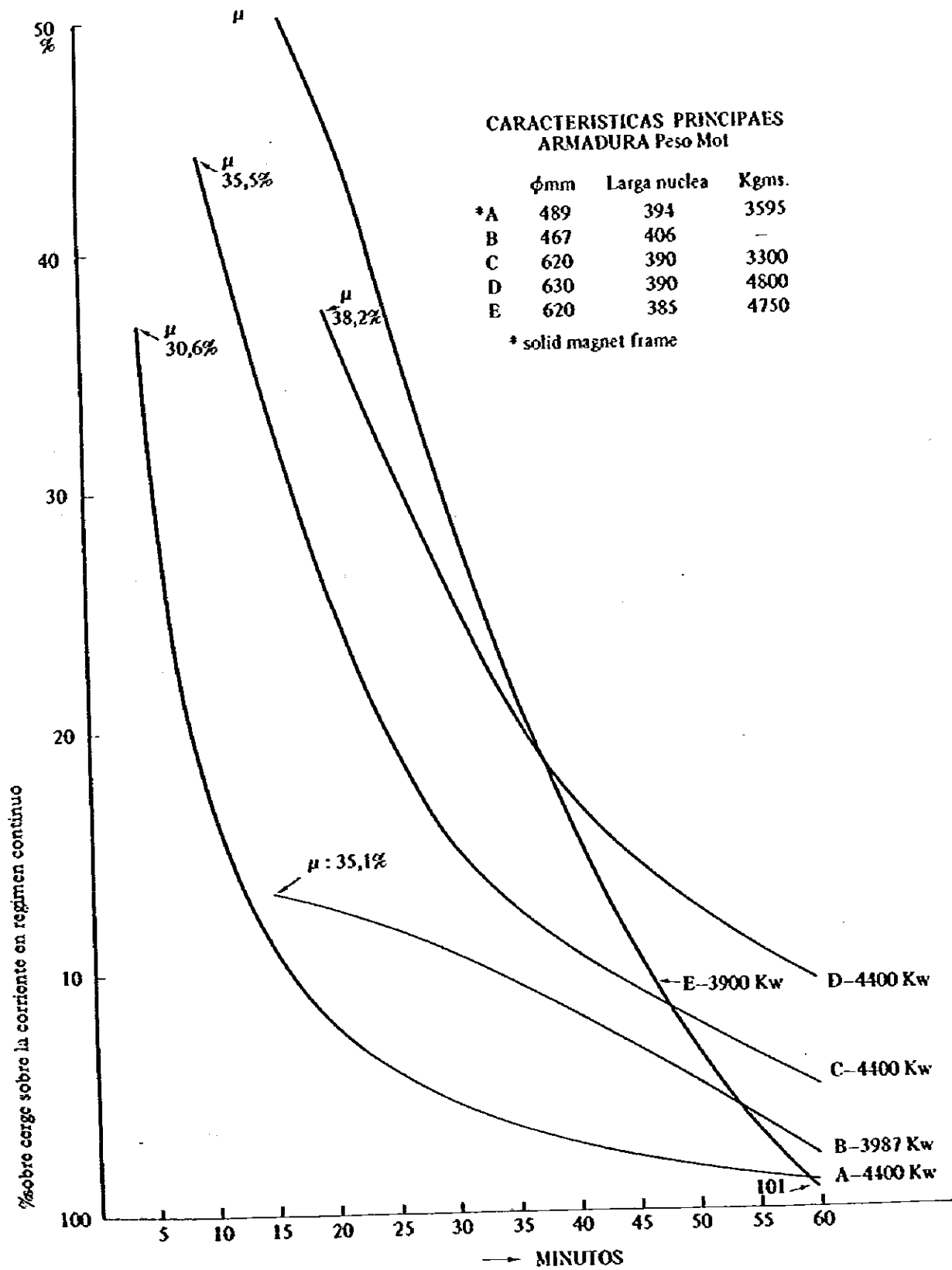


Fig. II-2-3

2-3-5-2 Principios de las condiciones del estudio

De acuerdo con las características mencionadas anteriormente, se estudian las características de sobrecarga del motor de tracción.

Para estudiar las características de sobrecarga del motor de tracción, generalmente se deben tener en cuenta los siguientes items:

- (1) Resistencia al avance de locomotora y vagón de carga (resistencia en pendientes, curvas, etc.)
 - (2) Composición de vagones remolcados (con cojinetes de deslizamiento, rodamientos, etc.)
 - (3) Capacidad de tracción de locomotora
- Además, estrictamente hablando, se deben tener en cuenta los siguientes items:
- (4) Desigualdad del diámetro de ruedas (valor promedio entre el diámetro del producto nuevo y el diámetro desgastado).
 - (5) Desigualdad de las características y la corriente entre los motores de tracción.

Aparte de los items arriba mencionados, en caso de que tenga unas pendientes largas y continuas el tramo como el de México cuya electrificación está proyectada actualmente, será necesario estudiar sobre la condición para que se pare en el camino de la pendiente y se arranque de nuevo (Se llama condición de re arranque en la pendiente). El motor de tracción en el camino de la pendiente ya tiene la temperatura considerablemente alta debido a la acción ascendente. Además, en el momento de re arranque, se pasa la corriente adicional, por lo cual el motor tendrá la temperatura más alta, lo cual podría causar el deterioro de aislamiento o afectaría a la vida de aislamiento. Para prevenir estos efectos, se considera necesario estudiar la condición arriba mencionada.

2-3-5-3 Evaluación de las características del motor de tracción

- (1) Resistencia de la marcha de tren

Se evalúa la resistencia al avance en forma diferente según las circunstancias reales. El valor de 5 kg λ (Ver la nota.) parecería un valor excesivo, pero no se considera tan excesivo si se tengan en cuenta las siguientes condiciones:

- 1) Se encuentran mezclados los materiales rodantes en que se usan los cojinetes de deslizamiento.
- 2) Se encuentran los vagones vacíos en la medida considerable.
- 3) Se ignora la resistencia a curvas de la vía.

Nota) En caso de que remolque 3.000 toneladas una locomotora de 168 toneladas con 6 ejes, con el peso del material rodante de 80 toneladas/vagón con 4 ejes, en la vía en pendiente de 0,75% con una curva de 800 m, la resistencia al avance incluyendo la resistencia a curvas será 4,6 kg λ .

Y, si se adopta el valor promedio de 2 kg λ analizado por la SCT como una precondición, se considera tolerable solo cuando el resultado del cálculo bajo dicha condición tenga un margen considerable.

(2) **Rearranque en la pendiente continua**

El motor de tracción de la locomotora en camino de la pendiente ascendente continua ha de tener la temperatura que supere 50°C, temperatura ambiente básica la que es una condición de diseño. Es necesario tener en cuenta el re-arranque después de la parada temporal mediante un semáforo rojo, etc. en el estado arriba mencionado.

Como un ejemplo de los métodos de estudio, se indica en "Sobrecarga de la locomotora" en el hoja ajunta 1 un modelo de corriente eléctrica en México en que se ha adoptado el procedimiento de análisis empleado en Japón.

El estudio realizado por la SCT se basa en las características de sobrecarga obtenidas cuando se considera 50°C la temperatura básica del motor de tracción. Por lo tanto, teniendo en cuenta la condición arriba indicada, será necesario tener un margen considerable.

Se muestra en el hoja adjunta 2, el resultado del estudio detallado al respecto.

(3) **Evaluación de los motores de tracción propuestos por cada proponente**

Comparando los motores de tracción propuestos por las firmas A y B con los propuestos por las firmas C, D y E, se observa que el diámetro del inducido es mucho más pequeño. Esto implica que la densidad de corriente superficial de inducido es considerablemente intensa, por lo cual consiguientemente la densidad calorífica es intensa. Por consiguiente, se deduce que se toman medidas contra la subida excesiva de temperatura, tales como de ventilación de aire enfriado en gran cantidad y a la velocidad del viento alta o instalación de los conductos del aire enfriado en el bobinado del inducido para obtener mejor efecto radiente, etc.

Respecto a aquella (aire enfriado en gran cantidad), hay temor de que suba la temperatura excesiva y precipitadamente en el momento de la parada provisional y re-arranque a medio camino de la pendiente, y que reduzca la cantidad del aire enfriado por causa de la obturación del filtro del aire enfriado.

Respecto a esta (conductos del aire enfriado del bobinado del inducido), hay temor de que se surjan probmas importantes de contaminación por humedad y polvo relacionados al mantenimiento y duración del motor de tracción.

Como resultado de la evaluación general de lo arriba mencionado, se deduce que los motores de tracción propuestos por las firmas A y B son los motores de tracción con poca posibilidad resistente de sobrecarga que se utilizarán con la tensión estable del generador como en locomotora Diesel eléctrica, o se utilizarán en el tramo en horizontal. Además se considera que son inaptos al uso severo con una variación amplia de la tensión, con la condición de re-arranque en la pendiente, etc. como en el caso de locomotora eléctrica de corriente alterna.

SOBRECARGA DE LOCOMOTORA

Las locomotoras no se usan siempre dentro del régimen, sino generalmente se usan con sobrecarga hasta unas decenas del % más del régimen en el momento de re-arranque en pendiente, etc. siempre que se aplique durante poco tiempo. Y la potencia de régimen considerada así permitiría un diseño racional de la locomotora.

En los Ferrocarriles Nacionales de Japón, se estipula en las especificaciones que se permita como corriente de sobrecarga del motor principal, el valor doble de la corriente de régimen en principio siempre que se aplique durante poco tiempo. Pero no se estipula el tiempo. Además se establece que se efectúa como prueba específica una prueba de subida de temperatura en las corrientes 125%, 150% y 175% más de la corriente de régimen así como en corriente máxima admisible y se presentan sus resultados aunque se traten de los valores de referencia.

A base de la prueba de subida de temperatura en sobrecarga arriba mencionada, se estudia si el motor principal será resistible a sobrecarga que se genera en el momento de arranque en la pendiente. Además se utiliza con un constante de tracción correspondiente.

La subida de temperatura en sobrecarga en el momento de arranque en la pendiente del motor principal se calcula de acuerdo con el tipo de carga que se estima de un tramo y un constante de tracción. En el caso de la locomotora que funciona entre México e Irapuato, se recomienda que se estudia para que el motor principal pueda resistir a la sobrecarga que se observa en el tipo de carga estimado como se muestra en la Figura. El tipo de carga mostrado en la figura se ha estimado, suponiéndose que se remolque los vagones de 6.000 t por locomotoras de doble tracción en la vía en pendiente ascendente de 0,75 %. Se supone que, teniendo en cuenta la distancia del tramo en pendiente de 0,75%, como condición inicial, se ponga continuamente la corriente del 90% (casi equivalente a la corriente balanceada del tramo en pendiente de 0,75%), se arranque después de 60 segundos de la parada provisional y se vuelva a arrancar después de 60 segundos de otra parada.

Hoja adjunta 2

LA SUBIDA DE LA TEMPERATURA DEL MOTOR DE LA LOCOMOTORA AL RE-
ARRANCAR EN LA PENDIENTE DE DISTANCIA LARGA

1 Resistencia

Resistencia de corrida de carro: Rc

$$Rc = 1,3 + 2,9 W + 0,045 V + 0,0005 A V^2/Wn \text{ (LBS/T)}$$

W = peso por eje

Wn = peso de carros remolcados

Suponiendo carros = 80t, 4 ejes

$$Rc = 1,3 \times 29/20 + 0,045 V + 0,0005 \times 88 \times V^2/80 \text{ (LBS/T)}$$
$$= 2,75 + 0,045 V + 0,00055 V^2 \text{ LBS/T}$$

Arc

$$= 1,248 + 0,0204 V + 0,00025 V^2 \text{ (kg/t)}$$

Velocidad de balance = 45 km

$$rc (v = 45 \text{ km}) = 2,672 \text{ kg/t}$$

Las condiciones de operación del tren son los siguientes:

Carga = 3.000 t

Pendiente = 0,75%

Velocidad = 45 km/hora

2 Respecto al tipo A de locomotora

(1) Resistencia

$$rc = (3000 + 168) \times (7,5/1000 + 2,672)$$

(2) % carga sobre régimen:

$$32,23 \text{ t}/360 \text{ KN} = 32,23/36,70 = 87,82\%$$

(3) Según fig. II-2-5

% sobre carga en régimen a tiempo de 60 minutos

: 101%

(4) Subida de temperatura debido a 87,82% carga, suponiendo subida de temperatura es proporcionada a segunda potencia de carga.

$$: 87,82 \times 87,82 / 101 \times 101 = 75,60\%$$

(5) Margen de subida de temperatura hasta límite.

$$: 100 - 75,60 = 24,40\%$$

(6) El tiempo requerido para subida de temperatura al re-arrancar en la pendiente después de corrida de 60 minutos de la pendiente de 0,75%.

Las condiciones necesarias para calculo

- Se supone que se necesite sobre carga de 130% al arrancar
 - Se supone que la curva de subida de temperatura se cambia rectamente.
: 5,5 minutos \times 0,244 = 1 : 34 minutos
- Aqui 5,5 según fig. II-2-6.

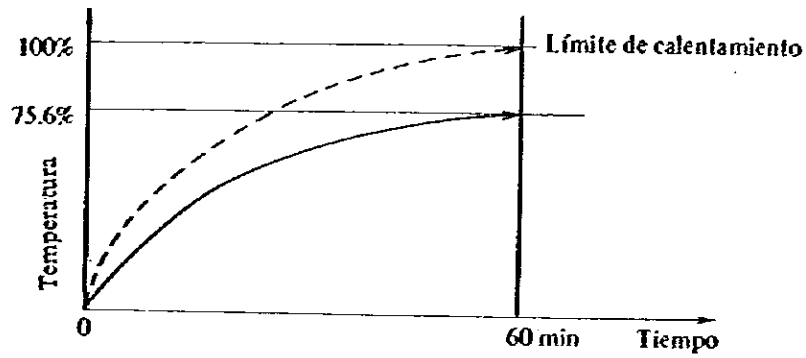


Fig. II-2-5 En el caso de carga de 101% y 87,8%

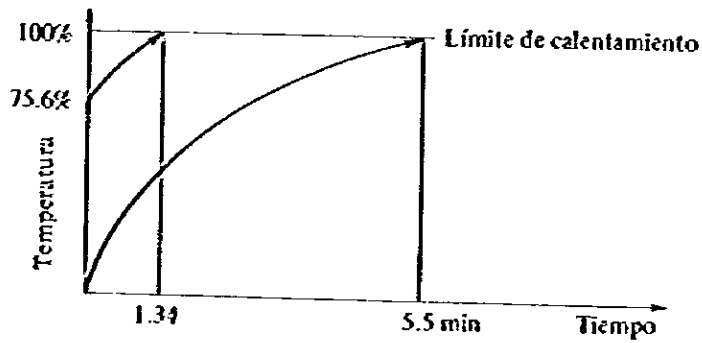


Fig. II-2-6 En el caso de carga de 130%

B = Respecto a tipo C

- (1) 32,98
- (2) 87,82%
- (3) 105%
- (4) 69,95%
- (5) 30,05%
- (6) 5,26 minutos
(17,5 \times 0,3005)

C= Respecto a tipo D

- (1) 32,98
- (2) 88,16%
- (3) 109%
- (4) 65,42%
- (5) 34,58%
- (6) 8,99 minutos
(26 \times 0,3458 = 899)

3. SISTEMA DE ALIMENTACION Y SUBESTACIONES

3. SISTEMA DE ALIMENTACIONES Y SUBESTACIONES

3-1 Estudio sobre el sistema de alimentación e instalaciones de subestaciones

3-1-1 Funciones del sistema de suministro de energía

- (1) Que esté dispuesto a alimentar la potencia eléctrica para circulación de los trenes con estabilidad y a precio barato.
 - 1) Que esté dispuesto a alimentar la corriente para marchar los trenes con estabilidad en la circulación normal de los trenes e incluso en cierta turbulencia en la circulación de los trenes.
 - 2) Que la tensión de la línea de contacto en el extremo del circuito de alimentación no llegue menos del valor definido en la circulación normal e incluso en cierta turbulencia de la circulación de los trenes.
- (2) Que detecte inmediatamente el accidente que ocurra en cualquier parte del circuito de alimentación para asegurar a los hombres y los equipos e interrumpir con seguridad la corriente en la que ha ocurrido el accidente para evitar que se extiendan los daños a equipos y otras secciones. Sin embargo, en el caso de la sobrecarga de la corriente de marcha, no debe cortar la corriente eléctrica innecesariamente.
- (3) Que se tomen en consideración adecuadamente las medidas contra una sacudida eléctrica, etc., puesto que se maneja alta tensión y alta potencia eléctrica.

Teniendo en cuenta dichos principios así como la economicidad, se considerarán los siguientes puntos:

- 1) Que el sistema tenga alta confiabilidad y no requiera cuidados, o sea exento del mantenimiento, lo cual reducirá el número de accidentes de las instalaciones.
- 2) Que la obra de mantenimiento de las instalaciones se pueda realizar en la forma sencilla y segura.

A este efecto, se influencia a la circulación normal de los trenes debe ser minimizada.
- 3) En caso de que produjera una falla local, se deben tomar medidas para que la avería local no cause la parada entera de funcionamiento del sistema total, y además así como la obra de restauración debe ser fácil sin requerir mucho tiempo de restauración.
- 4) Que desequilibrio voltaje y corriente y perturbación inductiva sean mínimos de manera que no afecte a la fuente de energía y otros sistemas (por ejemplo, el sistema de telecomunicación, de señalización, etc.).
- 5) Que se pueda ampliar o mejorar las instalaciones de acuerdo con el plan futuro de transporte sin que se vuelva a poner manos a la obra.

Teniendo en cuenta los puntos arriba indicados así como las condiciones de la energía eléctrica y del terreno, se determinará la colocación de las subestaciones y el seccionamiento de alimentación. Y para estos efectos, se establece el régimen de los equipos y la colocación de los equipos, y se instalan los conductores del circuito principal y cables del circuito auxiliar requeridos.

3-1-2 Sistema de alimentación

Los sistemas alimentadores de corriente alterna monofásica con 60 Hz y 25 kv con los cuales se construyen y marchan los trenes actualmente en el mundo se, pueden clasificar en tres sistemas principales como los siguientes:

- (1) Sistema alimentador directo (Sistema Simple)
- (2) Sistema alimentador con BT
- (3) Sistema alimentador con AT (Sistema AT)

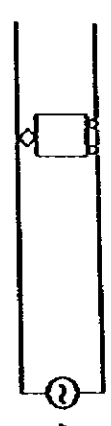
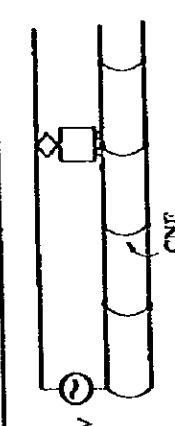
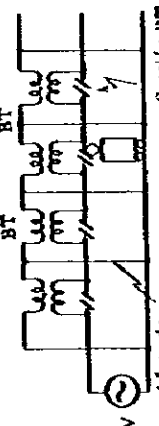
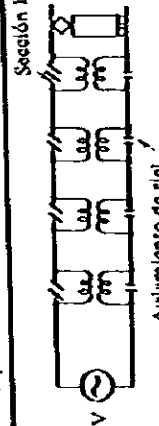
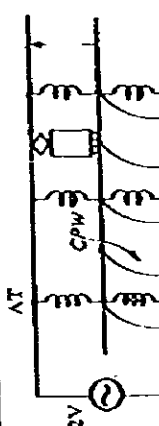

Las características de cada sistema se indican en la tabla II-3-1.

Según el informe elaborado por el equipo investigador de JICA, en el año 1979, encabezado por Ing. Toishi, se propone el sistema AT que ha tenido varios resultados reales en los Ferrocarriles Nacionales de Japón, (JNR) mientras que SOFRERAIL de Francia que elaboró el plan original de las especificaciones propone el sistema (simple) por medio de una comparación simple en el término económico.

Según nuestras investigaciones y analisis, como resultados de dichas precondiciones y la comparación del costo de obra que se requeriría en Japón, se determinó que el sistema AT sería más favorable para la electrificación del tramo correspondiente.

Al analizarlo, la corriente primaria de locomotoras, velocidad en la sección en pendiente, etc. se presumieron del horario presentado y los resultados reales de JNR, puesto que no se había determinado oficialmente el rendimiento de locomotoras que se utilizarán.

Tabla II-3-1 Clasificación de los sistemas de alimentación y sus características

| Denominación | Esquema del Sistema | Característica | Aplicación | |
|---|---|---|---|--------------|
| | | | Japón | Otros países |
| 1 Tipo básico (T-R) |  | <p>Línea de contacto</p> <p>Riel</p> | <p>En operación</p> | <p>Japón</p> |
| | | | | |
| 2 Con NF (T-R-NF) |  | <p>Línea de contacto</p> <p>Riel</p> <p>NF</p> | <p>Una parte de Inglaterra, Francia y Suecia</p> | <p>Japón</p> |
| | | | | |
| 3 Con NF |  | <p>Cable NF</p> <p>Línea de contacto</p> <p>Riel</p> | <p>Noruega y una parte de Inglaterra, Francia y Suecia</p> | <p>Japón</p> |
| | | | | |
| Sistema de alimentación BT (BT: Transformador elevador) |  | <p>Línea de contacto</p> <p>Riel</p> | <p>U.S.A. (25 Hz) (Investigación y desarrollo en U.R.S.S. y Francia)</p> | <p>Japón</p> |
| | | | | |
| 4 Sin NF |  | <p>Línea de contacto</p> <p>Riel</p> | <p>Japón</p> | <p>Japón</p> |
| | | | | |
| 5 Sistema de alimentación AT (AT: Autotransformador) |  | <p>Línea de contacto (L-C)</p> <p>Riel</p> <p>Línea de alimentación (L-A)</p> <p>Línea de protección (PW)</p> | <p>Líneas existentes</p> <p>Línea Shinkansen de Sanyo</p> <p>Línea Shinkansen de Tohoku.</p> <p>Jyootsu</p> | <p>Japón</p> |
| | | <p>1. Apropiado para suministro en carga de gran capacidad por mayor la tensión de alimentación (tensión de transmisión S2) que la de línea de estanzala.</p> <p>2. Es posible tomar una distancia mayor entre S2 que con otro sistema.</p> <p>3. No existe ninguna sección adicional como sección BT.</p> <p>4. La distancia entre cada AT es de 10 - 20 Km aproximadamente.</p> | | |

3-1-3 Distancia entre las subestaciones

La distancia entre las subestaciones se determina por los factores tales como la caída de tensión en el circuito de alimentación, capacidad de corriente en la catenaria y la operación de alimentación en la normalidad así como en la anormalidad.

La tensión de alimentación aparente en el sistema AT es dos veces mayor que la tensión en el sistema simple, de manera que la distancia entre las subestaciones, en caso de que se tolerara la misma caída de tensión en la catenaria, se podría extender hasta la cuatro veces más larga teóricamente.

Sin embargo, por las características de AT, se aumentaría el valor de impedancia (En los casos en Japón, la impedancia del sistema AT es $\frac{1}{4}$ aproximadamente de la del sistema simple), o se aumentará la corriente en carga con relación al número de los trenes que entran en el tramo alimentado el cual se incrementará a medida que extiende la distancia entre las subestaciones, por lo cual se considera más apropiada la distancia 2–2,5 veces más larga que el sistema simple .

Después de analizar la caída de tensión en la catenaria y la capacidad de corriente teniendo en cuenta las condiciones de carga, así como aplicación de alimentación, sistema de fuente de energía, etc. a base del horario de trenes para el año 1990, hemos considerado que la distancia entre las subestaciones más racional y económica es 100 km aproximadamente en el caso del sistema AT (distancia de alimentación permanente 50 km aproximadamente) y 42 km en el caso del sistema (simple).

Por lo tanto, los estudios que se describirán a continuación se han realizado para 100 km en el sistema AT en contraste con sistema simple del plan original presentado.

La colocación analizada se muestra en la figura II-3-1.

- Línea de tensión de energía
- Sub estación
- △ Punto de recepción
- Punto de accionamiento auxiliar

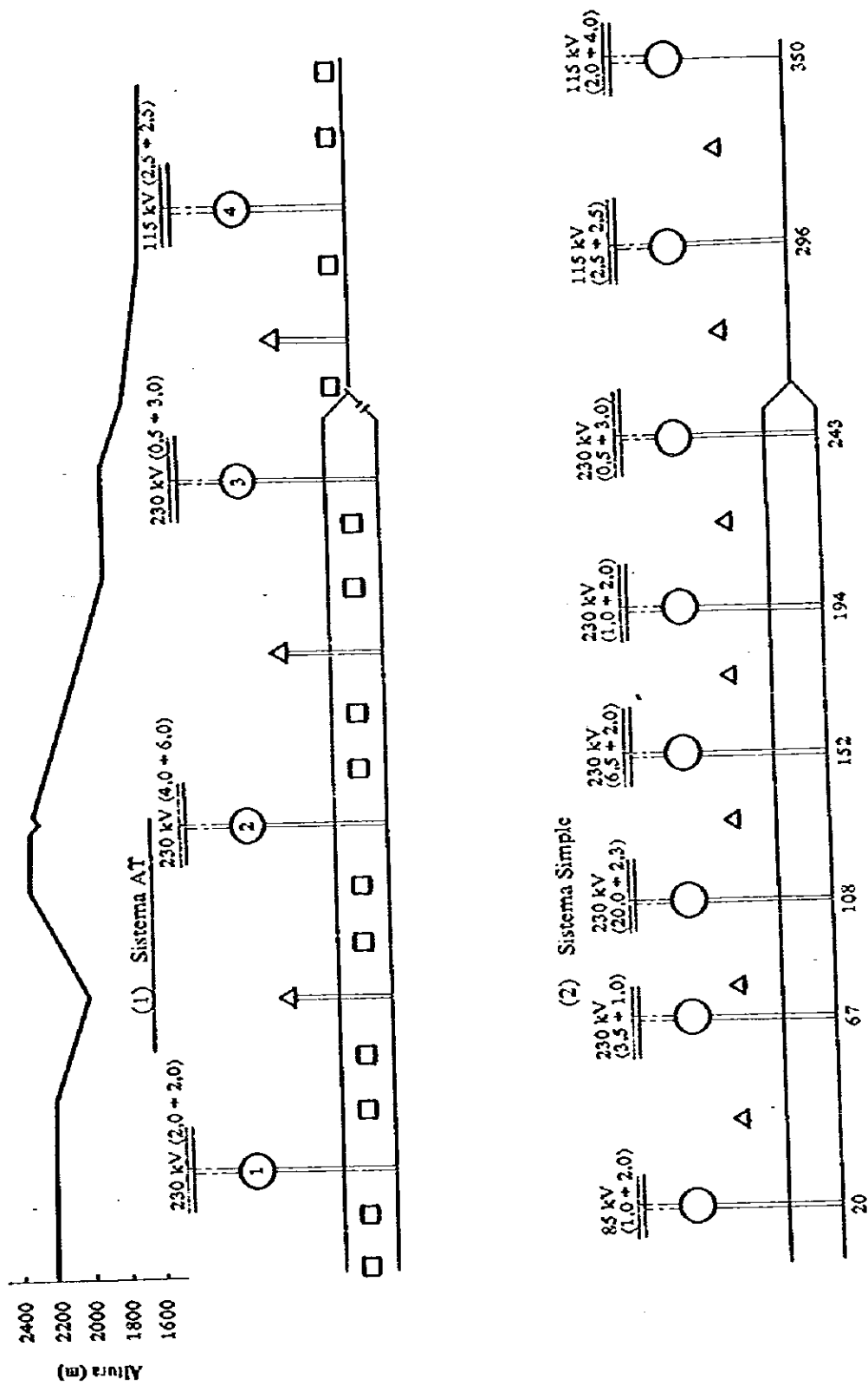


Fig. 11-3-1 Colocación del sistema AT y del sistema simple

3-1-4 Características eléctricas del circuito de alimentación

El resultado del análisis respecto al constante del circuito, así como la capacidad de corriente, la caída de tensión en la catenaria, la subida del potencial del riel, etc. por cada sistema de alimentación es lo siguiente:

3-1-4-1 Constante del circuito de alimentación

Se consiguió la impedancia de la línea (incluye cable de catenaria, rail, tierra, etc.) en el circuito de retorno a la tierra del sistema AT por medio de la colocación de cables indicada en la figura II-3-2 (Esquema de las líneas de cables) y la conductividad eléctrica a la tierra resultante de la medición real realizada en México, $p = 0,01 \text{ s/km}$.

El resultado se muestra en la tabla II-3-2.

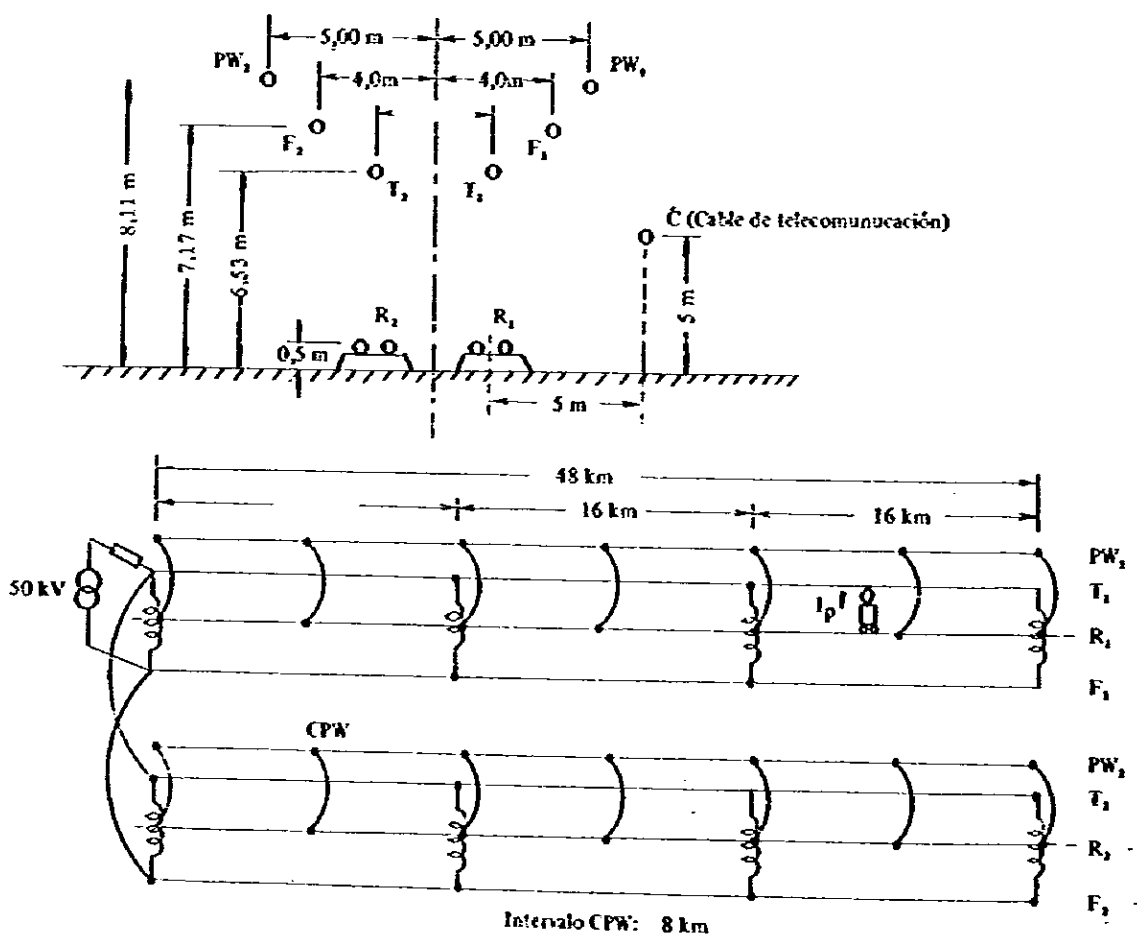


Fig. II-3-2 Las relaciones de las líneas de cables y el esquema de circuito de alimentación AT

Tabla II-3-2 Constante del circuito de alimentación en el tramo del proyecto de electrificación de México

| Clasificación | Soña | Conductor | Constante de del circuito de alimentación | Descripción |
|-------------------------|--|--|--|--|
| Autoimpedancia | Z_T | Línea de contacto (incluyendo catenaria) | $0.2105 + j 0.8589 \Omega/\text{km}$ | Línea de contact Catenaria Cu 110 mm ² St 135 mm ² |
| | Z_R | Riel | $0.1526 + j 0.6760$ | Riel 60 kg/m |
| | Z_F | Línea de alimentación AT | $0.2787 + j 0.8926$ | Línea de alimentación AT HAØ 150 mm ² |
| Impidancia mutua | Z_{TR} | Entre la línea de contacto y el riel | $0.0581 + j 0.4487$ | |
| | Z_{TF} | Entre la línea de contacto y la línea de alimentación AT | $0.0586 + j 0.3738$ | |
| | Z_{RF} | Entre la línea de alimentación AT y el riel | $0.0585 + j 0.3570$ | |
| Impidancia de la línea | $Z(s_0)$ | $Z(s_0) = Z_T + Z_F - 2 Z_{TF}$ | $0.3720 + j 0.9039$ $= 0.9774 \angle 76.20^\circ \Omega/\text{m}$ | |
| | $Z(s_s)$ | $Z(s_s) = \frac{Z_T + Z_F - 2 Z_{TF}}{4}$ | $0.092 + j 0.2259$ $= 0.2443 \Omega/\text{km}$ | Caída de tensión por km de unidad $V_L = 0.2091/\text{A-km} (\cos \varphi 0.8)$ |
| Condiciones del cálculo | <ol style="list-style-type: none"> 1. Frecuencia $f = 60 \text{ Hz}$ 2. Conductividad eléctrica a la tierra $\delta = 0.01 \text{ s/m}$ 3. Esquema de líneas de cables n II-3-2 | | <p>(Línea de contacto + catenaria) Riel (Línea de alimentación AT)</p> | |

3-1-4-2 Capacidad de corriente en la catenaria

(1) Capacidad de corriente en la catenaria en el sistema AT.

Como la tensión de alimentación del sistema AT es dos veces más alta que el sistema simple la corriente de alimentación del circuito AT será aproximadamente la mitad del circuito simple.

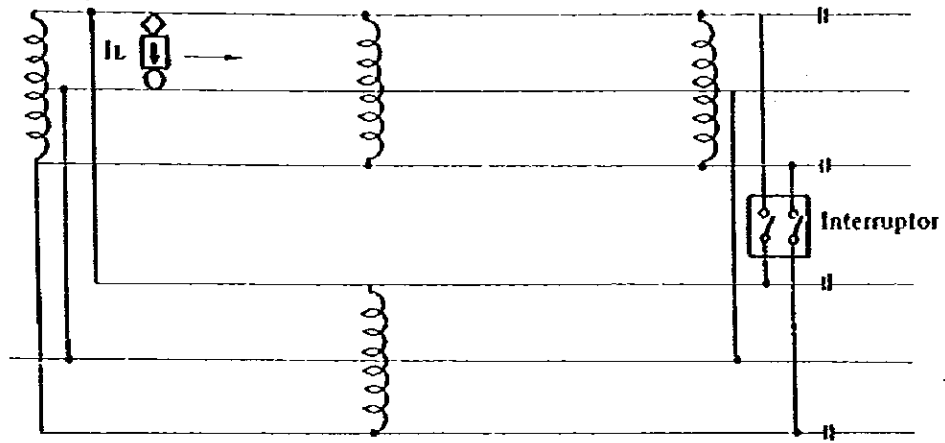
En consecuencia, los cables podrían ser más finos respecto al mismo volumen de transporte. Esto se puede explicar en forma concreta como se indica a continuación:

La distribución de la corriente en carga del circuito de alimentación AT varía según la relación de bobinado de AT. Cuando la relación de bobinado de AT es 1:1, se desvía la corriente del sistema 50 kv en la línea de alimentación AT (LA) la cual equivale a la mitad de la corriente en carga. Por otra parte, en cuanto a la línea de contacto (LC), en caso de que se encuentre una carga entre la subestación y el primer AT en las cercanías de la subestación, se superpone la corriente en carga del sistema 25 kv sobre la corriente del sistema 50 kv, por lo cual cuando un tren está en servicio en un tramo con la misma corriente en carga, la corriente que se alimenta de la subestación a la línea de contacto será como se muestra en la figura II-3-3. En caso de que se distribuyan varios trenes en el mismo tramo de alimentación, la corriente será la suma de estas corrientes. Por lo tanto, para calcular la capacidad de corriente en el circuito de alimentación AT, es necesario estudiarlo teniendo en cuenta lo indicado anteriormente.

(2) Capacidad de corriente en la catenaria del sistema simple.

En el caso del circuito de alimentación simple, el cálculo de la capacidad de corriente es fácil, puesto que se determina la capacidad térmica de los cables por la suma de corrientes que toman varios trenes distribuidos en el circuito de alimentación.

(1) Esquema de circuito



(2) Distribución de corriente

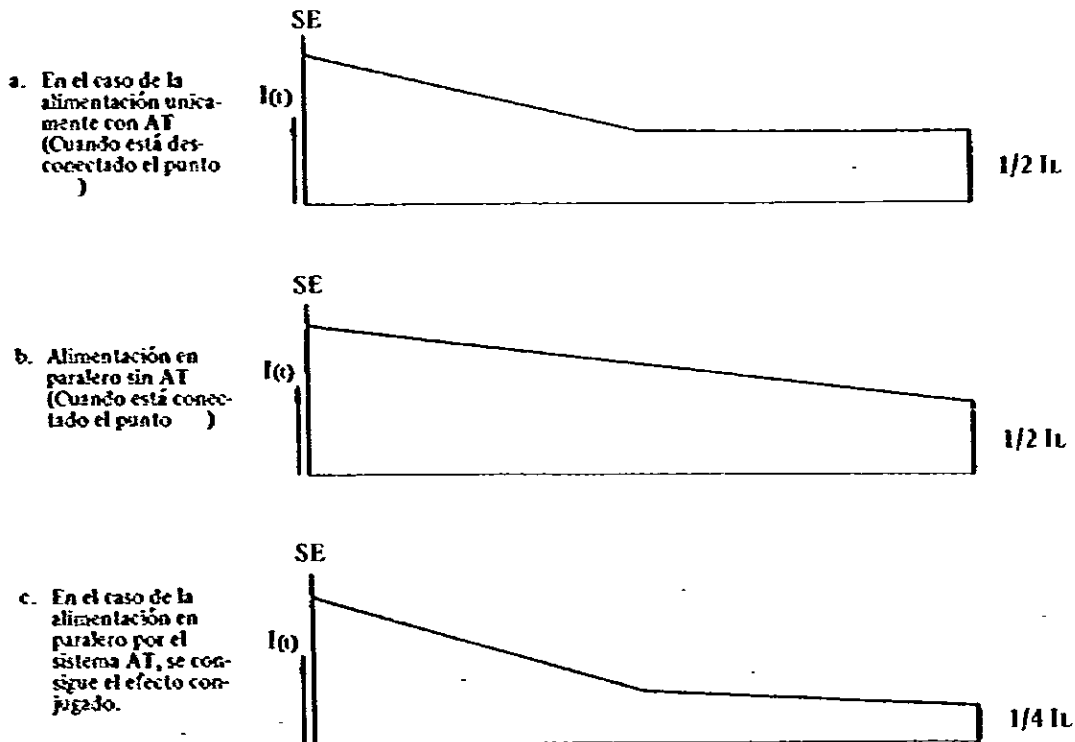


Fig. II-3-3 Corriente en la línea de contacto en el caso del sistema AT

(3) Cálculo de la subida de temperatura en los cables eléctricos desnudos.

La capacidad de corriente en la catenaria se determina por la subida de temperatura. Se indica el procedimiento del cálculo a continuación:

1) Condiciones del cálculo

Metodo del cálculo del volumen de electricidad, según la temperatura de los cables.

Al calcularla, se considerará lo siguiente:

- a. La subida de temperatura por calor "Joule"
- b. La subida de temperatura por calor del sol
- c. La temperatura de aire

2) Se indica la fórmula del cálculo a continuación:

- a. Cálculo de la subida de temperatura después del paso de corriente rectangular por T_0 segundos

$$\theta_0 = \frac{I^2 r}{A} \left(1 - e^{-\frac{A}{C} t_0} \right)$$

θ_0 Subida de temperatura después del paso de corriente por T_0 segundos (grado)

A: Coeficiente de emisión de calor (W/grado)

C: Capacidad calor por longitud de unidad de cable

r: Resistencia por longitud de unidad

t_0 : Tiempo en que pasa la corriente (seg.)

I: Corriente eléctrica (A)

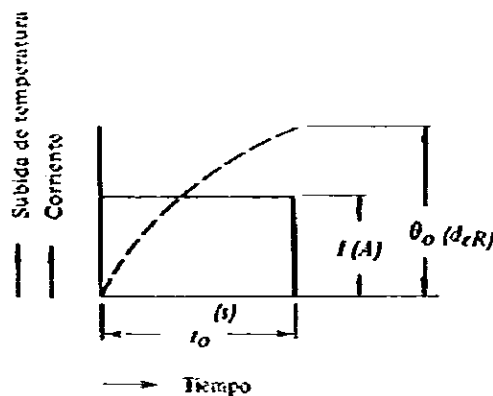


Fig. II-3-4 Explicación sobre la subida de temperatura (1)

- b. Cálculo de la subida de temperatura después del paso de la corriente rectangular por T_0 segundos y emisión del calor por T_0 segundos.

$$\theta = \theta_0 \cdot e^{-\frac{A}{C} t_r}$$

$$= \frac{I^2 r}{A} \left(1 - e^{-\frac{A}{C} t_0} \right) \cdot e^{-\frac{A}{C} t_r}$$

θ_r : Subida de temperatura después del paso de la corriente rectangular por T_0 segundos y emisión del calor por T_0 segundos (grado)

t_r : Tiempo de emisión del calor (Seg.)

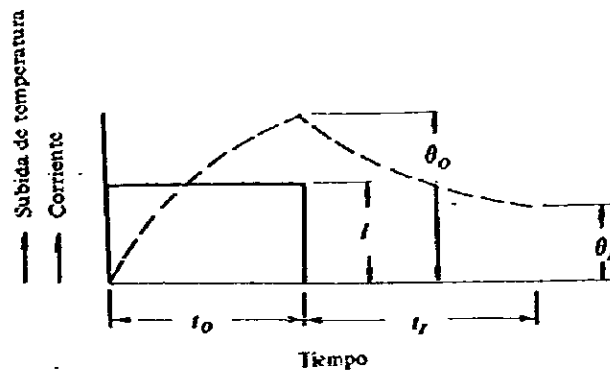


Fig. II-3-5 Explicación sobre la subida de temperatura (2)

3) Cálculo concreto

En el sistema AT, se superpone la carga como se muestra en la figura III-3-3. Por consiguiente, se efectuó el cálculo para el tramo en pendiente continuo de 0,7% que se supone tiene la carga más pesada.

Es decir, seleccionando un período de tiempo en que se pasarán el mayor número de los trenes según el horario ofrecido (para el año 2.000), y presumiendo la corriente de locomotoras y la velocidad de marcha para la distancia de 40 km y 50 km, se elaboró una curva de corriente-tiempo (Fig. II-3-6) respecto a la corriente en la línea de contacto colocada justamente derecho de la subestación. Luego, trazando esta corriente por cada tiempo, se calculó la subida de temperatura mediante el computador electrónico. El resultado de dicho cálculo se puede resumir como se sigue:

a. Sistema AT

En caso de que el sistema de catenaria en que se emplean los cables sea sistema de catenaria simple pesada (línea de contacto Cu 110 mm² y catenaria colgada St 135 mm²) que recomienda el Japón y además, durante las horas cuando la carga se encuentran más pesada, la temperatura de la línea de contacto no alcanza más del valor de límite de 90°C, lo cual será suficiente en el término de la capacidad térmica.

b. Sistema de simple

Por medio del mismo método que lo arriba indicado, se estudió el sistema de los cables compuesto de líneas de contacto (Cu 110 mm²) y catenaria colgada (St 135 mm²) en el caso del sistema simple con la distancia de alimentación de 18 km, y como resultado, la temperatura de la línea de contacto subió mucho más alta que el valor de límite. Por lo tanto, será necesario emplear los cables de Cu 60 mm² o más finos para la catenaria colgada, instalar las líneas de alimentación auxiliares adicionales en las cercanías de la subestación.

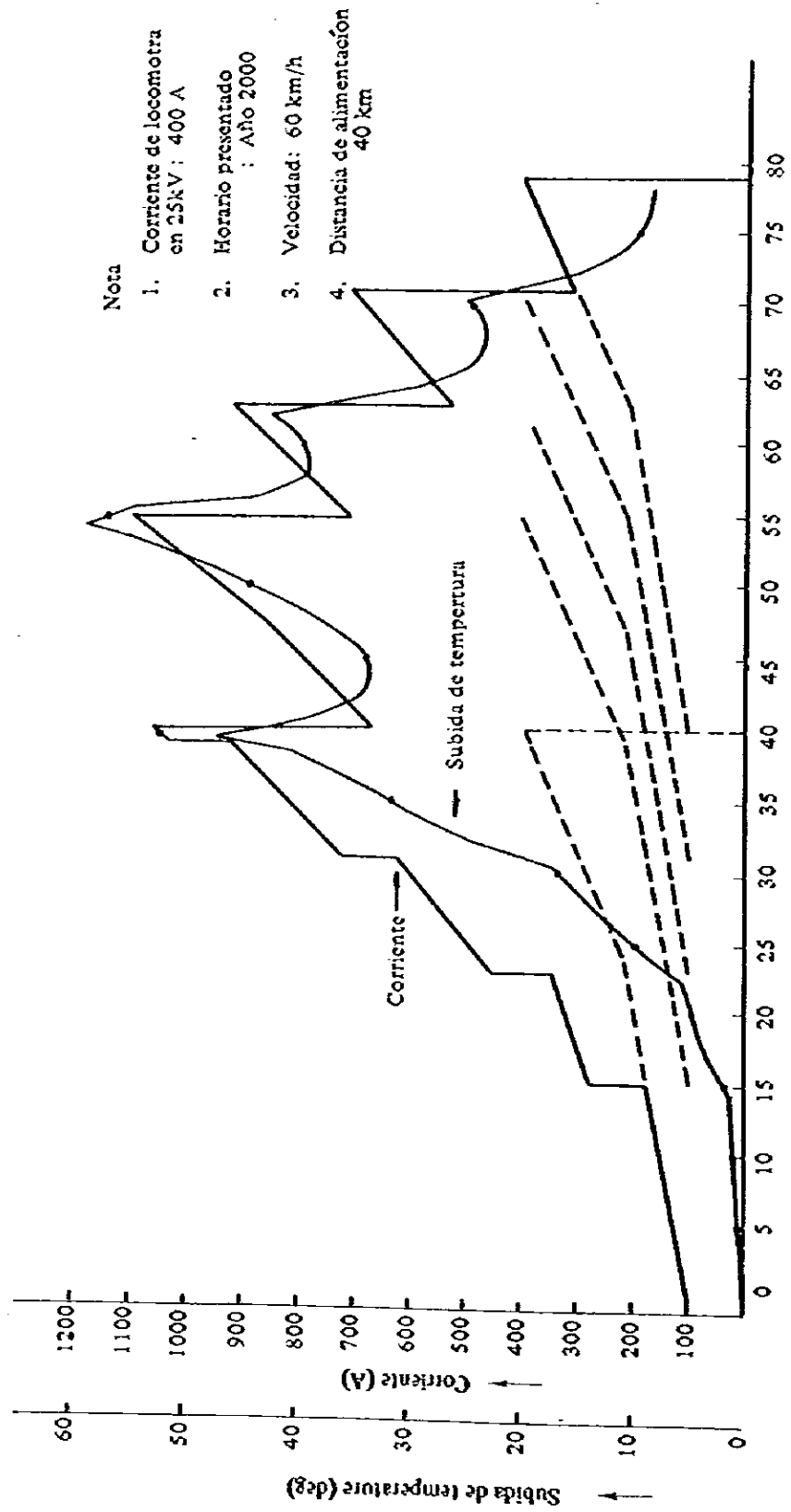


Fig. II-3-6 Curva de corriente de en líneas de contacto por tiempo

3-1-4-3 Caída de tensión en la catenaria

Al estudiar la caída de tensión, hay que tener en cuenta la aplicación de alimentación normal de la subestación a un puesto de seccionamiento así como la de alimentación prolongada hasta la subestación contigua en el caso de la anormalidad o de la ejecución de obras. Sin embargo, como en este estudio no se ha tratado del manejo para la alimentación prolongada ni regulación de trenes, se analizó principalmente el caso de la alimentación normal. Por consiguiente, será necesario posteriormente coordinar el manejo para la alimentación prolongada, el procedimiento de regulación de trenes, etc. de conformidad con los requerimientos de marcha de trenes así como el estado actual de las instalaciones.

Se consideraba como objetivo del estudio el satisfacer los siguientes valores de límite de la norma UIC 600:

| | |
|--------------------|---------|
| Tensión máxima | 27,5 kv |
| Tensión mínima | 19,5 kv |
| Minima instantanea | 17,5 kv |

(1) Condiciones del cálculo

Se calculó la caída de tensión en el tramo en pendiente ascendente continuo de 0,7% (En las cercanías de PK 140 km hacia sur) según el horario de trenes para el año 2.000 cuando se aumentará la capacidad de transporte, para los casos distintos del sistema AT con la distancia de alimentación de 40 km, del sistema AT, pero con la distancia de 50 km así como del sistema simple, bajo las siguientes condiciones:

- 1) Condiciones de la operación de tren
 - a. Horario de trenes ofrecido para el año 2.000
 - b. Peso promedio de tracción 4.800 toneladas (80% de 6.000 toneladas)
 - c. Corriente en locomotoras 400A con 4.400 kw × 2
- 2) Constante de la vía
 - a. Sistema simple
 - b. Sistema AT
- 3) Impedancia de la fuente de energía
27,5 kv monofásica, equivale a j 0,3
- 4) Impedancia de dispersión del transformador para alimentación

$$F_T = 40.000 \text{ kVA} \quad \% Z_t = 7\%$$

$$Z_t = j \frac{(27,5)^2 \times 7 \times 10}{20.000} = j 2,65 \Omega$$

(2) Resultado del cálculo y observaciones

Se muestra en la figura II-3-7 un ejemplo del caso del sistema AT con la distancia de alimentación de 50 km el cual presenta las condiciones más duras. Como se muestra en la figura, la caída de tensión registrada en el transformador de alimentación es mayor, lo cual no causará ninguna dificultad durante algún tiempo a partir de la apertura de electrificación. Cuando se ponga en práctica el horario para el año 2.000 en el futuro, teniendo en cuenta los resultados reales para

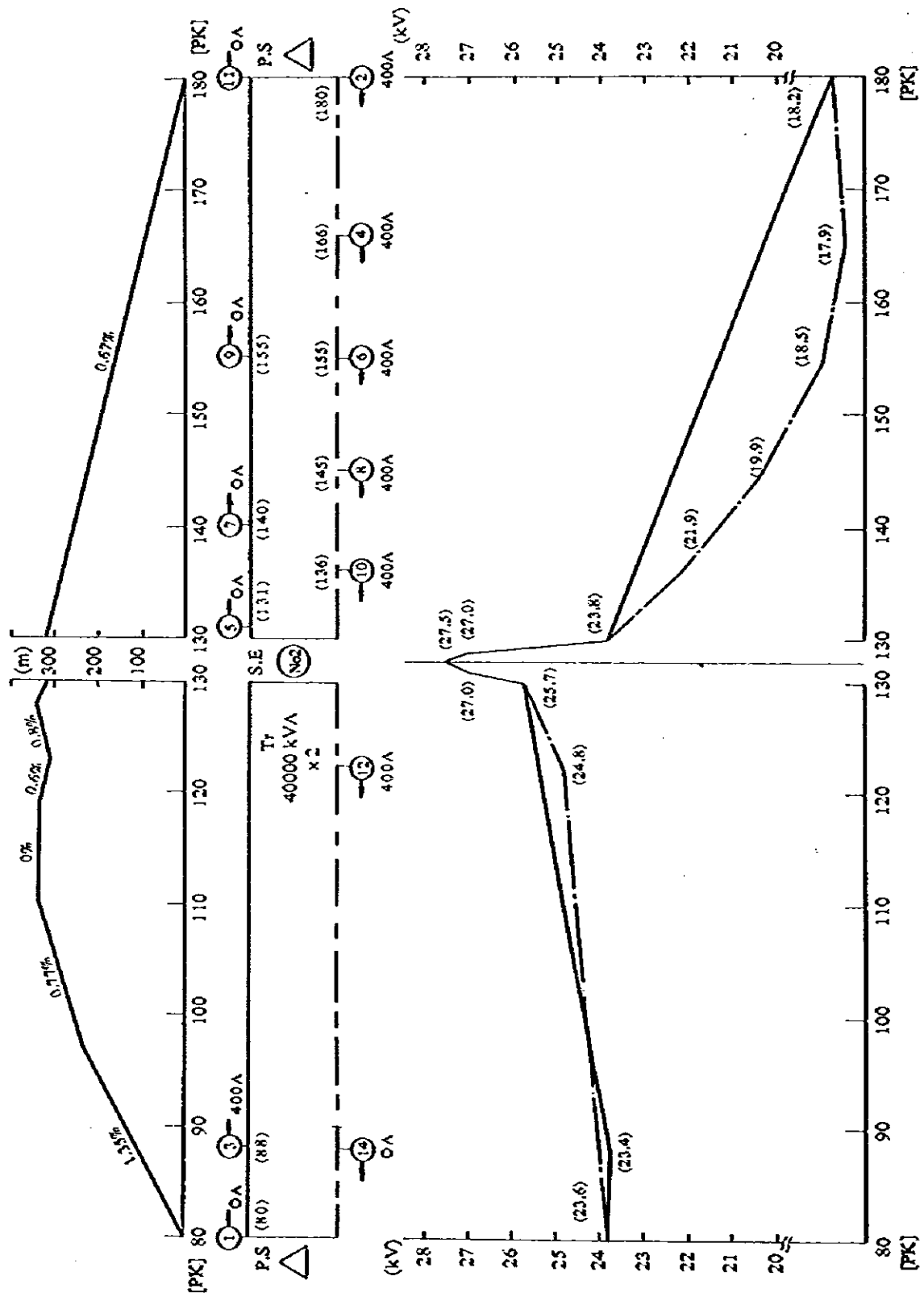


Fig. II-3-7 Estudio sobre la caída de tensión del sistema AT (Distancia de alimentación alimentación 50 km)

estudiar cómo tratar la prolongación de alimentación, se podría considerar la compensación por impedancia de dispersión por medio de los condensadores de serie, etc. (Ayuda para la tensión caída del transformador para alimentación) en caso de necesidad.

3-1-4-4 Potencial del riel

Se recomienda que el potencial del riel es lo más bajo posible por razones de la tensión peligrosa a los cuerpos humanos, rigidez dieléctrica del riel contra el circuito de vía de señalización, etc. Pero su valor varía ampliamente por causa de la resistencia de dispersión a la tierra del riel, el estado atmosférico, etc.

En el JNR, se contiene para que sea 100-120 V en el caso de las líneas actuales y 300-400 V en el caso de las líneas SHINKANSEN con mayor capacidad de corriente que aplican el sistema AT.

En caso de que se aplique el sistema AT para el JNR el potencial del riel resultante del análisis teniendo en cuenta la resistencia de dispersión a tierra del riel que es igual que la de las líneas SHINKANSEN es como se muestra en la figura II-3-8, cuyo valor es menos que el valor objeto de Japón. Por lo tanto, no hay problema en el caso del sistema AT.

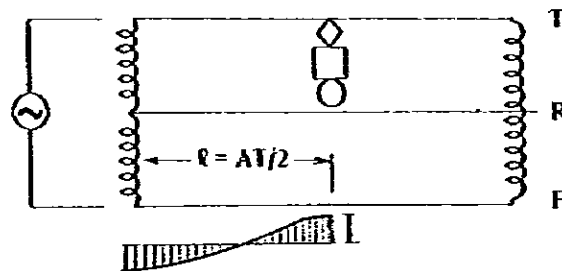


Fig. II-3-8 Esquema del circuito del potencial del riel

3-1-4-5 Corriente de accidente

En el circuito de alimentación AT, el valor de la corriente en las averías metálicas tal como un corto-circuito entre la línea de contacto y el riel se determinará por la capacidad de fuente de energía, la impedancia de dispersión del transformador para alimentación, y la impedancia de la línea. El valor de la corriente obtenido estableciendo la impedancia de dispersión del transformador para alimentación 40.000 KVA (27,5 KV, 20.000 KVA) en el 0,7% es como se muestra en la figura II-3-9.

Por consiguiente, se estudian la resistencia contra el cortocircuito del transformador, inducción a telecomunicación, etc. por medio de dicha curva de corriente en accidente

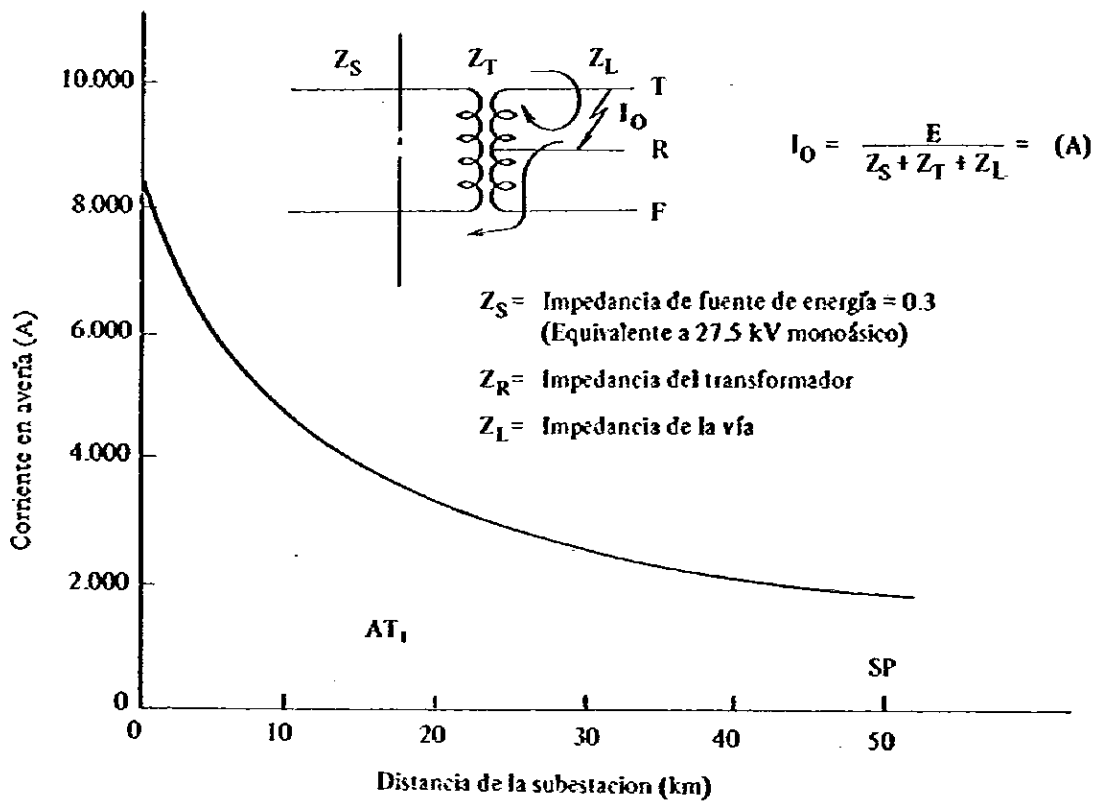


Fig. II-3-9 Curva de corriente de accidente del sistema AT
(En una avería metálica en lado de 25 kV)

3-1-5 Sistema de alimentación paralela

Se trata de un sistema en que, cuando la misma red transmisora trifásica está conectada a lo largo de la línea ferroviaria con capacidad de fuente de energía, factible a recibir energía monofásica, uniformando la fase de conexión del transformador monofásico en la subestación de los ferrocarriles correspondiente a la fuente de energía trifásica con la fase de la subestación contigua, se realiza la alimentación en paralelo entre ambas subestaciones. Este sistema tiene los siguientes méritos:

- (1) Las instalaciones de la catenaria se simplificará, puesto que se hace innecesaria entre las subestaciones la sección neutra (sección muerta) en que se confrontan las diferentes fases.
- (2) Se abrevian las limitaciones en la operación de trenes para la sección neutra.
- (3) Se reduce bastante la caída de tensión en la catenaria.

Este método se han empleado en Japón desde hace años, pudiendo dejar la sección neutra del sistema AT en el tramo de pendiente de 0,7%.

3-1-6 Instalaciones de fuente de energía

Al hacer funcionar los ferrocarriles eléctricos de corriente eléctrica alterna monofásica de 60 Hz, debe tener en cuenta los siguientes puntos como los efectos al lado de la fuente de energía:

- (1) Influencia de corriente y tensión desequilibrada que se generan por la carga monofásica.
- (2) Influencia de variación en la tensión causada por la carga concentrada repetida.
- (3) Influencia de la armónica alta que genera el coche tiristor.

Dichos puntos llevan unas dificultades especialmente cuando la capacidad de la fuente de energía es pequeña, a las cuales se deben tomar diversas medidas.

Sin embargo, en la zona del proyecto de electrificación, están instaladas dos vías en paralelo de las líneas de transmisión de energía de 400 kV y 230 kV relativamente cerca de las vías ferroviarias, y además se informó en la reunión preliminar con la Comisión Federal de Electricidad que se podría recibir la energía facultativamente de la línea de 230 kV mediante desviación T, pudiendo ser aprovechadas como las líneas de transmisión casi exclusivas. Debido a la capacidad grande del sistema de respaldo de la fuente de energía, no habrá problemas respecto a los puntos arriba indicados. Además se informó que como en el tramo correspondiente no se encuentra ninguna empresa que demanda 230 kV, la protección de las líneas de transmisión se podría efectuar en el mismo método que el tradicional, por lo cual no hemos realizado el estudio especial al respecto.

Sin embargo, aunque instaladas las líneas de transmisión están cerca de las vías ferroviarias, algunos lugares requerirán la obra de instalar cables de entrada de más de 10 km según el caso por lo cual el sistema AT que requiere menos subestaciones sigue todavía favorable.

3-1-7 Instalaciones de subestaciones

3-1-7-1 Subestación (S.E.)

En cuanto a las subestaciones para alimentación eléctrica, el subestacion primaria en la zona urbana reciben la energía de 85 kV, y las demás subestaciones se proyectan recibir el circuito doble trifásico desviado forma de "T" desde el otro circuito de 230 kV, lo cual permitirá alta fidelidad del sistema de recepción energía. En cuanto a los transformadores para alimentación de catenaria, se instalarán dos transformadores monofásicos que estarán conectados en "V" en la normalidad a fin de reducir el desequilibrio de la tensión y la fluctuación del valor de tensión en relación con la fuente de energía, y en la anormalidad o durante las obras, la operación por un equipo será posible con la conexión lo más simple posible. Puesto que no ponemos objeciones a dicho plan de proyecto, indicamos en la Figura H-3-10, un esquema de conexiones empleadas en caso de que se aplique el sistema A.T.

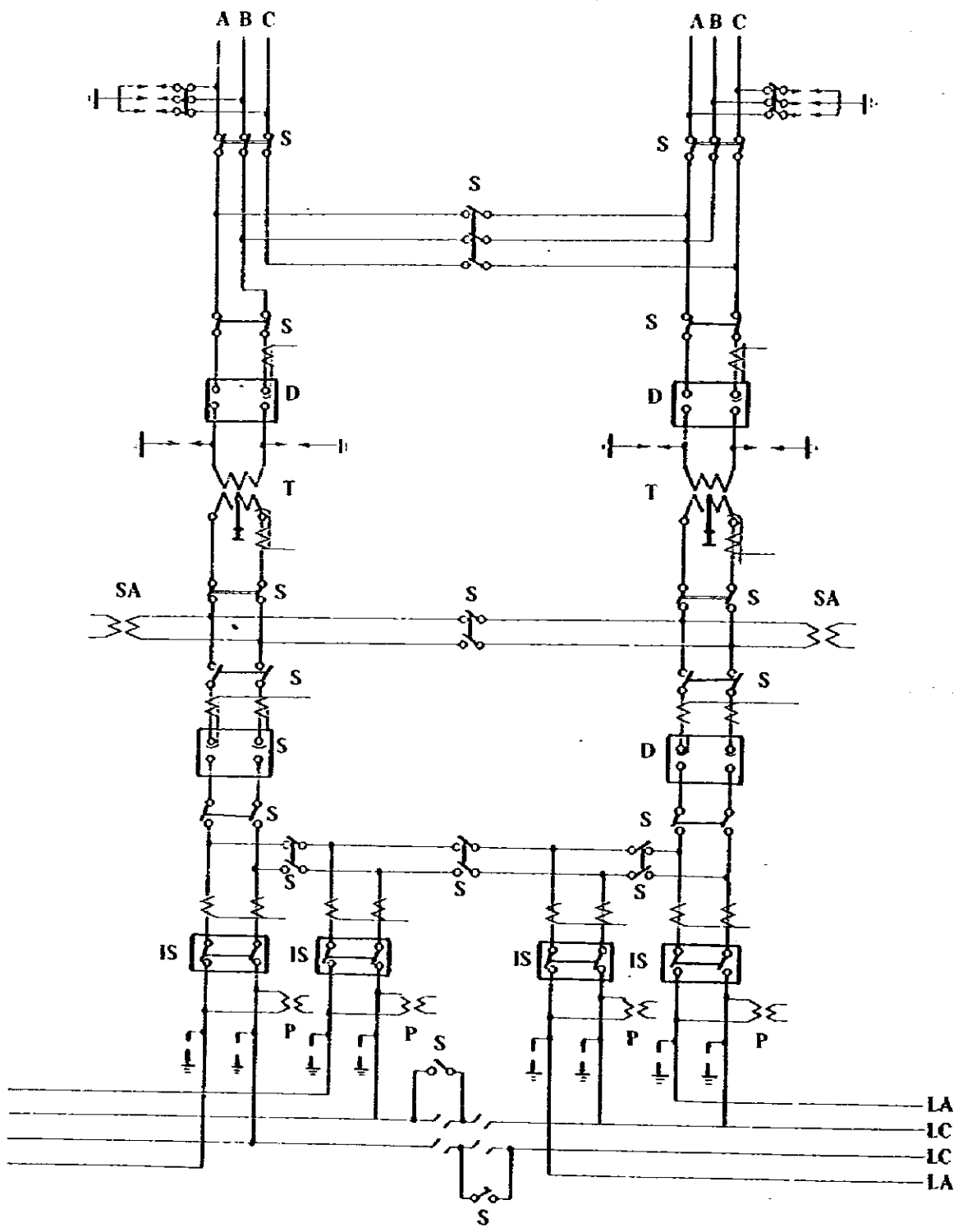


Fig. II-3-10 Esquema de conexión de los circuitos principales de SE

3-1-7-2 Capacidad de los transformadores principales

Respecto a la capacidad de los transformadores principales, (transformadores para alimentación de catenaria) su potencia nominal se determina mediante la regulación de capacidad de resistencia de sobrecargas contra la potencia máxima de una hora por día o la potencia máxima momentánea. JNR establecen empíricamente este valor dentro del 250%. Por lo tanto, una vez determinada la distancia entre las subestaciones, se podrá calcular la potencia máxima de una hora por día y la potencia máxima momentánea, seleccionando el período de una hora más denso en el horario de trenes ofrecido.

Como los métodos generales del cálculo, se pueden citar el método de calcular por la corriente de marcha arriba indicada y el método de calcular por el tonelaje de tracción, kilometraje de tren y el coeficiente de consumo de energía. En este estudio, se ha calculado mediante el kilometraje del tren y tonelaje de tracción así como el factor de potencia de carga estimados por nuestras experiencias de operación de los trenes de cargas en el tramo en pendiente en JNR. Su resultado se muestra en la table II-3-3.

Tabla II-3-3 Capacidad de transformador principal

| | Item | Potencia de EL | Sistema AT | Sistema simple | Nota |
|-----------------------------------|-------------------------------------|----------------|-------------|----------------|--|
| En caso de alimentación normal | Distancia de alimentación | 4.400 x 2 kw | 50 + 50 km | 18 + 18 km | Horario de trenes Año 1990 Coeficiente de consumo de energía 15,0 kwh/1.000t-km cos φ = 0,85 |
| | Potencia máxima de una hora por día | | 23.820 kVA | 8.580 kVA | |
| | Potencia máxima momentánea | | 48.000 kVA | 36.000 kVA | |
| En caso de alimentación extendida | Distancia de alimentación | 4.400 x 2 | 100 + 50 km | 36 + 18 km | |
| | Potencia máxima de una hora por día | | 36.000 kVA | 12.870 kVA | |
| | Potencia máxima momentánea | | 60.000 kVA | 48.000 kVA | |
| | Capacidad de Tr | | 40.000 kVA | 20.000 kVA | |

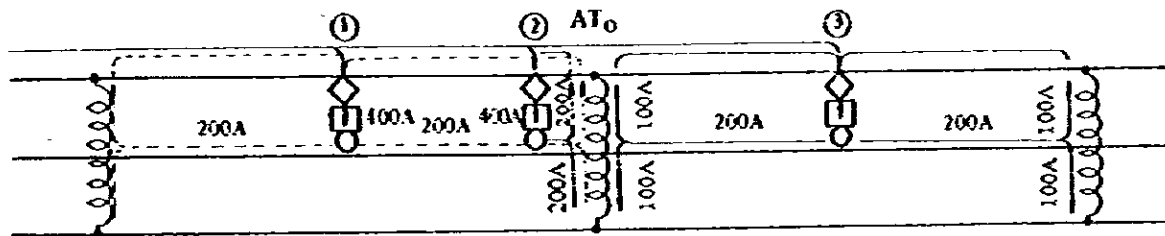
3-1-7-3 Capacidad de AT y la distancia de instalación

La distancia de instalación de AT se determina principalmente por los factores tales como la inducción hacia la línea de telecomunicación instalada en paralelo a la vía, o el potencial de riel. En caso de que exista la línea de telecomunicación cerca de la vía, la distancia de instalación AT es en orden de 10 km o algo a 20 km.

En cuanto a la capacidad de AT, una vez que se establezcan las condiciones de operación tales como la distancia de instalación, la potencia de locomotora eléctrica, el horario de trenes, etc., se determina como se describe a continuación.

Dado que la capacidad de sobrecarga en corto tiempo correspondiente a AT es el 300% durante 2 minutos aproximadamente, en caso de que la distancia de operación de la locomotora eléctrica sea más grande que la distancia de instalación de AT, se determinará como capacidad de AT, un tercio (1/3) aproximadamente de la corriente de 4400×2 de la locomotora eléctrica que circula en el tramo correspondiente.

En caso de que la distancia entre trenes sea menor que la distancia de instalación de AT, se determinará como capacidad de AT, el valor más grande entre el valor efectivo de corriente que fluye en el bobinado AT y el valor arriba mencionado. El esquema de circuito de cálculo se indica en la figura II-3-11.



Toda la corriente No. 2 tren y la mitad de la corriente No. 1 y 3 trenes pasan por transformador at entonces toda la corriente que paso por el arrollamiento de transformador at se muestra siguiente.

$$W_{AT} = \frac{E \times I}{2.5} = \frac{25 \text{ kV} \times (200 + 100 + 100)}{2.5} = 4000 \text{ kVA}$$

2.5 = Capacidad de sobre carga ∴ Capacidad = 4000 kVA

Fig. II-3-11 Cálculo sobre capacidad AT

3-1-7-4 Puesto de seccionamiento (P.S.)

Dado que los puestos de seccionamiento corresponden a los puntos a toque de la alimentación de energía de distintas fases en el caso de la operación normal, será necesaria la sección neutra, por la cual se pasa en principio con muesca de marcha desconectada. Pero, teniendo en cuenta el caso de la parada de la locomotora en la sección neutra, estará dispuesta a aplicar la alimentación de energía.

En el sistema AT, se instalará un AT en las vías a sur y anorte para que se pueda aplicar la tensión separadamente a las vías a sur y a norte o a una sola vía, a fin de perseguir la economía del sistema.

La figura II-3-12 muestra un ejemplo del esquema de conexión en el tramo de vía doble según el sistema de alimentación.

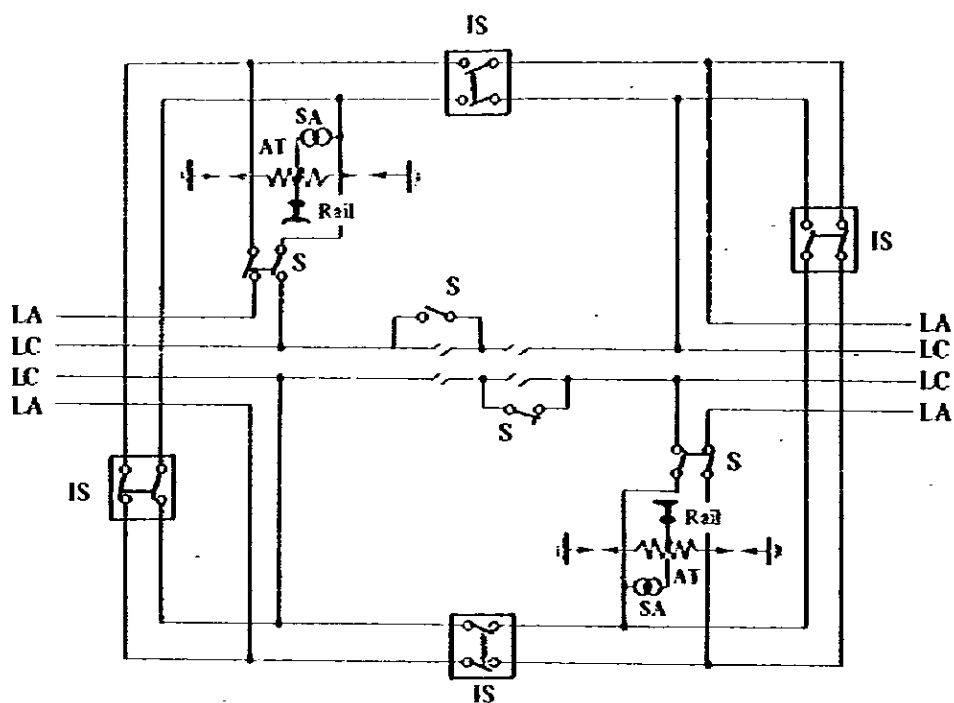


Fig. II-3-12 Esquema de conexión de PS

3-1-7-5 Puesto de seccionamiento auxiliar (P.S.A)

Los puestos de seccionamiento auxiliares tienen dos objetos como los siguientes:

- (1) Seccionar el circuito de alimentación durante el trabajo con corte de energía.
- (2) Realizar la marcha de trenes a lo máximo cuando ocurra un accidente en el circuito de alimentación, limitando el tramo afectado por el corte de energía por medio del puesto de seccionamiento.

La distancia entre los puestos de seccionamiento auxiliares varía según la densidad de trenes y estos se instalan generalmente a 10-20 km.

Z_{Ry} = Impedancia de Relé

Z_{50} = Impedancia de existo

$$Z_{50} = \frac{PT}{CT} = \frac{55/110}{1500/5} = 1.5 \times Z_{Ry}$$

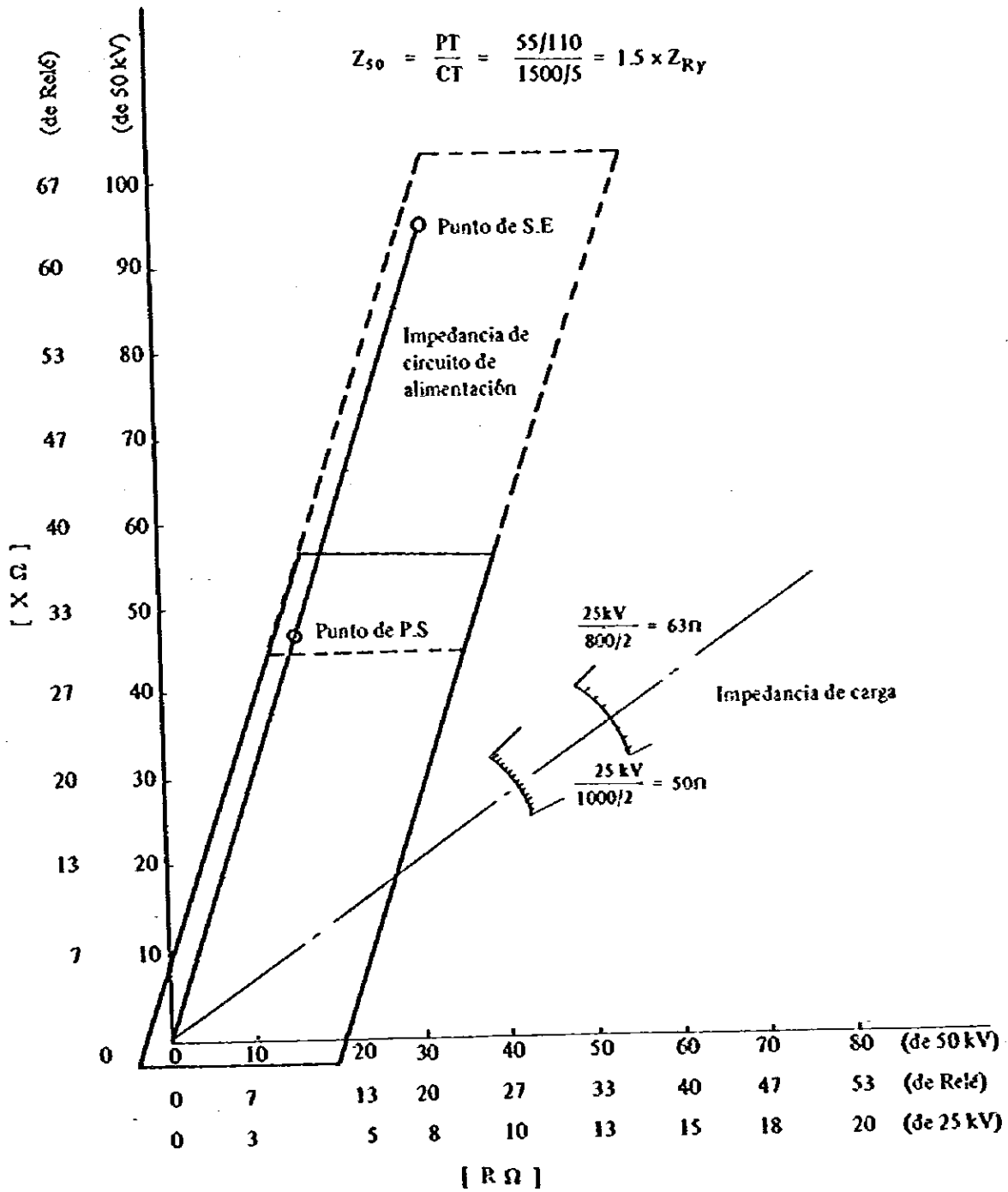


Fig. II-3-13 Protección para circuito de alimentación por relevador de distancia

3-1-7-6 Protección en el accidente

Para efectos de la protección en el accidente en el circuito de alimentación, las subestaciones y los puestos de seccionamiento estarán equipados con un relevador (relé) de distancia de tipo reactancia como se muestra en la Figura II-3-13.

En cuanto al alcance de protección, en la alimentación normal, se puede detectar en la subestación, mientras en la alimentación extendida, debido a la distancia de alimentación alargada, se protege hasta la subestación próxima mediante un relé en el puesto de seccionamiento.

Usaba un equipo localizador para detectar el lugar en que ocurre una falla de catenaria en JNR.

En los Ferrocarriles Nacionales de México, será necesario en el futuro emplear un sistema localizable del puto de avería.

3-1-8 Comparación del costo de obra

Respecto al sistema de alimentación mencionado en 3-1-2, se realizó una comparación del costo de obra con las mismas condiciones.

Sobre la diferencia en el costo de la obra causada por la diferencia en el sistema de alimentación, se muestran la tabla II-3-4, los ejemplos de subestación, puesto de seccionamiento y puesto de seccionamiento auxiliar.

La comparación en el costo de obra entero se hizo en el plano de disposición de la Figura II-3-1.

La proporción del costo de obra entre el sistema simple y el AT es:
 $787/661 = 1,19$ (Tabla II-3-5)

Tabla II-3-4 Comparación del costo de obra

Ejemplo de S.E 230 kV y P.S y P.S.A

| Item | Sistema AT | | Sistema simple | | Nota |
|--------------------------------------|------------|--------------|----------------|--------------|--|
| | Vía doble | Vía sencilla | Vía doble | Vía sencilla | |
| A. Recepción | 40 | 40 | 40 | 40 | - A : No hay diferencia entre ambos sistema - B : Depende de la capacidad de Tr - C : D : E 20 : 50 : 30 - En los componentes de parte C y D disminución de sistema simple es siguiente seccionador ~ 20% interruptor ~ 50% tablero de alimentación ~ 4% (se ocupa 40% de C + D + E) |
| B. Transformador | 25 | 25 | 17 | 17 | |
| C. Parte secundario de transformador | 35 | | | | |
| D. Alimentación | | 26 | 31 | 24 | |
| E. Parte común | | | | | |
| Total | 100 | 91 | 88 | 81 | |
| P.S | 19 | 12 | 12 | 4 | |
| P.S.A | 10 | 5 | 3 | 2 | |

- Nota
1. Recepción se incluye panel de recepción, barra de recepción, panel de transformador, parte primario de transformador etc.
 2. Parte de alimentación se incluye panel de alimentación etc.
 3. Parte común se incluye panel de servicio auxiliares, batería, dispositivo de control distancia, compresor.
 4. No se incluye terreno y edificio.
 5. No se incluye equipo para detectar el lugar en que ocurre una falla de catenaria.

Tabla II-3-5 Comparación del costo de obra entre los diferentes sistema de alimentación (México—Irapuato)

| Item | Sistema AT Costo de cada una x Cantidad | Sistema simple Costo de cada una x Cantidad |
|-----------------------------------|--|--|
| S.E 230 kV via doble | 100 x 3 | 88 x 5 |
| S.E 115 kV via doble | | 70 x 1 |
| S.E 115 kV via sencilla | 71 x 1 | 63 x 2 |
| S.P via doble | 19 x 2 | 12 x 5 |
| S.P via sencilla | 12 x 1 | 4 x 2 |
| P.S.A via doble | 10 x 10 | |
| P.S.A. via sencilla | 5 x 4 | |
| Suma de las subestacionès | 541 | 704 |
| Parte de aumento por la catenaria | 86 | |
| Línea de recepción de energía | 34 | 83 |
| Total | 661 (1) | 787 (1,19) |

- Nota:
1. El costo de obra se compara cuando la subestación de la vía doble de 230 kV se considera 100, consultándose los ejemplos de JNR.
 2. El plan de disposición de las subestaciones, etc. se ve en la figura III-3-1.
 3. Los valores indicados son los valores aproximados calculados originalmente. Posteriormente se revisaron, agregando las condiciones en las especificaciones, sin que se altere la conveniencia del sistema A T.

3-2 Opinión sobre las especificaciones ofrecidas

3-2-1 Principio de estudio

Se han revisado los siguientes puntos respecto de las especificaciones ofrecidas

- (1) ¿Es apropiado como documentación de licitación del caracter internacional?
(¿No hay posibilidad de que se exijan los productos de algún país o compañía determinada?)
- (2) ¿No tiene los errores técnicos?
- (3) ¿No elevará el costo de construcción injustamente?
- (4) ¿Está considerada positivamente la integración nacional y deseada por México?

Los resultados del estudio realizado en el país se clasificaron y coordinaron en: (1) los puntos a proponer como generalidades (2) los puntos a proponer por cada ítem y presentamos los comentarios.

3-2-2 Opinión sobre sistema global

(1) Sistema de electrificación

Según el informe de SOFRERAIL de Francia, se establece una comparación de costo según el método francés, en el que se considera que el sistema simple es 24% aproximadamente más

económico que el sistema AT y todas las especificaciones están basadas en dicho sistema simple. Por otro lado, al hacer una comparación del costo arriba citado en Japón según el método japonés, el sistema AT resulta más barato que el sistema simple con 7 subestaciones.

Mientras que en el informe ofrecido, se establecen 4 subestaciones para el sistema AT para el tramo México-Queretaro que consta de 250 km, consideramos que basta con 3 subestaciones. Es decir, en aquello caso, se aumentará el número de línea de recepción eléctrica, equipos de la subestación y puestos de seccionamiento por una subestación que sobra, lo cual constituye un factor que elevaría el costo.

En cuanto al tramo Queretaro-Irapuato que tiene la vía sencilla, resulta aún más económico el sistema AT que en el caso de la vía doble, dado que en el caso de sistema AT, está equipado con un solo feder. (línea de alimentación AT)

Por la razón arriba indicada, para que se pueda proponer otros sistemas incluyendo el sistema AT aparte del sistema simple a fin de conseguir mejor sistema, consideramos que es necesario constar en el preámbulo de las especificaciones que se proponga otro sistema de alimentación aparte del sistema simple propuesto como alternativa, siempre que el primero fuera un sistema excelente desde el punto de vista tanto técnico como económico.

(2) Nivel de aislamiento básico del sistema de alimentación

La tensión del sistema de alimentación es monofásico de 27,5 kV (alimentación simple). En el sistema de tensión trifásico, será $27,5 \text{ kV} \times \sqrt{3} = 47,6 \text{ kV}$ que corresponde al sistema de 40 kV o 50 kV. Sin embargo, dado que en el caso del sistema de alimentación monofásico, un lado se conecta directamente al riel, resulta idéntico al sistema de puesta a tierra directa del punto neutro trifásico. Es decir, en el caso del sistema de puesta a tierra directa del punto neutro, será posible reducir el aislamiento aunque corresponda a la tensión entre líneas de 40-50 kV.

Según la propuesta estudiada, el sistema de alimentación no estará provisto de pararrayos, se pondrá entrehierro descargador en los manguitos aisladores de cada equipo y el aislamiento de los equipos será de 190-250 kV con impulso y de 81 kV a 95 kV con frecuencia comercial, lo cual corresponde al sistema trifásico de 40 a 50 kV.

Por otro lado, en el caso de la electrificación de corriente alterna monofásica de 25 kV (tensión de impulsión 30 kV) efectuada en Japón, teniendo en cuenta el efecto de reducción de aislamiento por conexión de riel de una línea, se obtiene el valor de norma del sistema mediante pararrayos siendo el aislamiento 200 kV con impulso y 70 kV con frecuencia comercial. En este caso, no se da entrehierro descargador en el manguito aislador, puesto que la tensión extraordinaria se controla perfectamente por pararrayos para que se encuentre dentro del valor límite. Cabe señalar que, en cuanto a la descarga en corona de los equipos, se tomarán medidas para que no destruya los equipos.

Para que se permita proponer las alternativas como ésta, será necesario que se admitan las alternativas apropiadas para el sistema de alimentación monofásico de 27,5 kV respecto al nivel de aislamiento básico de los equipos del sistema de alimentación.

(3) Puntos básicos del diseño de los equipos

Se indican a continuación los puntos que se han omitido en las especificaciones ofrecidos.

Deberá aclarar las condiciones generales como especificaciones para diseñar el sistema de la subestación. Esto facilitará la propuesta de otros sistemas de alimentación aparte del sistema simple.

- 1) Que se aclaren las condiciones atmosféricas -- temperatura, temperatura ambiental, temperatura interior, velocidad del viento, humedad, altura presión atmosférica) --.
- 2) Que se aclaren las condiciones mínimas de operación para diseñar la subestación.
- 3) Que se aclaren las condiciones para seleccionar el terreno destinado a la subestación.
- 4) No se refiere al método de protección del circuito de alimentación.
- 5) No se aclaran en absoluto los puntos esenciales de enclavamiento eléctrico, el procedimiento de manejo de los equipos, el interruptor que se acciona mediante el relé de protección, etc.
- 6) En cada ítem de los equipos se indica que se adopta el sistema de aislamiento de los puntos neutros de los sistemas 85 kV y 245 kV, aunque generalmente para el aislamiento de los equipos, se adopta el sistema de puesta a tierra directa que reduce el aislamiento. Es necesario aclararle.

(4) Problemas de las especificaciones de las normas

En las licitaciones internacionales generales, se acepta, aparte de la norma internacional (I.E.C.), otras normas propias de cada país, siempre que estas sean equivalentes o más de lo equivalente. Es de señalar que esto se refiere al "rendimiento", y respecto al contenido de los equipos, se establecen los reglamentos propios del país, los cuales deberán ser aceptados, será necesario modificarlo como se menciona a continuación en el siguiente párrafo para todos equipos.

"En cuanto al rendimiento de cada equipo, deberá observarse I.E.C. o cualquier norma equivalente a esta o más de lo equivalente".

(5) Sistema de control a distancia de la subestación

Respecto al sistema de control a distancia, se considera que se deberá determinar por medio de la comparación desde el punto de vista económica si se integrarán o se separarán el C.T.C. y C.S.C., teniendo en cuenta la forma de operación del sistema, el número de puntos y posiciones de control, las características y el número de circuitos de telecomunicación, el sistema de mantenimiento, etc.

Por lo tanto, consideramos que las especificaciones deberán tener solamente los puntos y posiciones a controlar establecidos para que se pueda proponer cualquiera de los sistemas arriba mantenimiento, etc.

3-2-3 Opinión sobre los artículos

Se han presentado nuestros comentarios sobre los problemas técnicos exclusivamente, ya que los ítems individuales se formularon de acuerdo con el sistema simple. Se omite en este informe el contenido de los comentarios, ya que se tratan de temas técnicos con diversidad. (Ver la lista de informaciones presentadas anexas)

3-3 Principio de evaluación de las propuestas

3-3-1 Artículos de evaluación

Para construir un sistema subestación, es necesario tener en cuenta las funciones del sistema mencionadas en el punto 3-1-1 incluyendo la operación y el sistema de mantenimiento futuros y constarlas en las especificaciones. Consideramos que en las propuestas presentadas no están coordinadas suficientemente las precondiciones mencionadas, las cuales no permitirían necesariamente un buen sistema aunque sean fieles a las especificaciones.

Sobre todo, en cuanto al sistema de alimentación, se considera que el sistema AT es mejor como hemos señalados repetidas veces, y la parte mexicana manifiesta que está dispuesta a aceptar las alternativas si sean mejores.

Por consiguiente, respecto a la evaluación técnica de la propuesta, planteando la evaluación de las funciones como un sistema, clasificamos los sistemas como lo siguiente:

- (1) Colocación
- (2) Sistema de recepción eléctrica
- (3) Sistema de transformadores
- (4) Sistema de alimentación
- (5) Sistema común

Y, calificando la importancia de cada sistema de acuerdo con el grado de influencia por la parada de funcionamiento del sistema correspondiente, y los resultados de mantenimiento y accidentes registrados en los JNR, proponemos un método para evaluar un sistema orgánico, la evaluación de cada órgano no es tan significativa como la del sistema. Si se tiene sistema doble en un punto débil, no se producirá la caída del sistema, aunque ocurra una avería en este punto débil. Se diferencia la importancia de los equipos mismos si se emplean en otros lugares.

Por ejemplo la avería de un disyuntor de una subestación resultará la parada de alimentación en la sección suministrada de esta subestación. Pero en el caso de la avería del disyuntor de un puesto de seccionamiento se limitará la influencia en la sección mas pequeña.

Por consiguiente la evaluación de cada órgano no llega a la evaluación de la instalación total.

JNR definen la confiabilidad de cada órgano en las especificaciones al mismo tiempo supone que los accidentes no dejan de ocurrir con cada órgano de sistema por menor probabilidad que sea, y procura ducir todo lo posible la sección a que se extiende el accidente que se produzca en el sistema, así como considera medidas de hacer doble el sistema ó el equipo, instalar los equipos repuestos, etc. si el sistema ó el equipo se supone tendrá una gran influencia ó tardará mucho tiempo en restaurarse. (No obstante, se supone que los accidentes no se produzcan en dos lugares distintos simultánemante en la misma hora para que evite el exceso de la inversión.)

En otras palabras en la avería de las instalaciones de las subestaciones se instalan las instalaciones para que no se produzca la parada entera de los trenes. Al mismo tiempo el mejoramiento de los equipos se hace de la experiencia de largo tiempo.

Teniendo en cuenta lo mencionado arriba, proponemos la manera de evaluación en la forma que se muestra a continuación, es decir, dividiendo las instalaciones en cada órgano poniendo importancia en cada característica que se muestra en la tabla II-3-6 y la tabla II-3-7.

Tabla II-3-6 Tabla de distribución de peso de evaluación sobre los órganos de las subestaciones y sistema de alimentación

| Organos | Aseguramiento de fuente de energía (relación con C.F.E.) | Característica de circuito de alimentación. | Protección de circuito de alimentación. | Influencia de avería. | Peso |
|------------------------------|--|---|---|-----------------------|------|
| Colocación de subestaciones. | Δ | ○ | Δ | ○ | 20 |
| Recepción | ○ | Δ | | Δ | 10 |
| Transformador | Δ | Δ | | ○ | 20 |
| Alimentación | | ○ | ○ | ○ | 40 |
| Equipos comunes | | | | Δ | 10 |
| (Telecomando) | Δ | | Δ | ○ | (10) |
| Peso* | Δ | ○ | ○ | Δ | 100 |

- (Nota) 1. * Este peso se diferencia según cada órgano y se muestra globalmente
 2. Grado de importancia ○ > Δ > blanco

Tabla II-3-7 Tabla de artículos para evaluar los órganos de las sub-estaciones y sistema de alimentación

| Organos | Relación con C.F.E. | Características del circuito de alimentación | Protección del circuito de alimentación | Influencia de la avería |
|--|---|---|--|--|
| Colocación de sub-estaciones | Relación de red de transmisión de C.F.E. | Caida de tensión operación | Detección de falla | Operación (enviar ó parar la energía dividiendo en sección.) |
| Recepción | Aseguramiento de fuente energía Calidad de fuente de energía. Precio de electricidad. | Calidad de fuente de energía | | Aseguramiento de la fuente de energía. |
| Transformador | Rendimiento | Caida de tensión (Impedancia de transformador). | | Confiabilidad |
| Alimentación (se incluye puestos de seccionamiento, etc.) | | Capacidad de la corriente de alimentación. Operación | Detección de la corriente de la falla. Capacidad de la corriente de alimentación. | Confiabilidad Operación |
| Equipos comunes (se incluye puestos de seccionamiento, etc.) | | | | Confiabilidad Tener la sobra |
| Telecomando | Información | | Seguridad | Cambio a la operación directa. Información. |

3-3-2 Punto de chequeo de evaluación

Proponemos sobre puntos de chequeos de evaluación en la tabla II-3-7 los siguientes.

- (1) Colocación de las subestaciones
 - a. Tomar en cuenta la recepción de energía
¿Si es conveniente recibir la alta tensión de energía?
 - b. Caída de tensión — Si la tensión de la línea de contacto en el momento normal y anormal de la circulación de trenes estipulado.
 - c. Detección del — Si se puede detectar sin falta la corriente en que ha ocurrido el accidente e interrumpirla en el circuito de alimentación en cualquier caso posible (para seguridad).
 - d. Operación — Si se puede localizar el lugar de accidente al producirse el accidente para no afectar a otros tramos sanos. Si afecta poco a la operación normal del tren cuando se inspecciona la instalación.
Y, si suministrar ó parar la energía en la sección de alimentación se pueden llevar a cabo con seguridad y prontitud.
- (2) Organos de recepción (sólo para subestación)
 - a. Aseguramiento de la fuente de energía — Si se tiene confiabilidad en la fuente de energía (si ocurre interrupción eléctrica pocas veces).
Sí, en el caso del accidente, se puede conmutar a otro circuito sano fácilmente.
 - b. Calidad de fuente eléctrica — Si la tensión varía poco y si es resistente al desequilibrio ó armónica de alta frecuencia inherente a los ferrocarriles electrificados.
Si se necesita el costo de medidas para éstos.
 - c. Precio de electricidad — Si el equipo está diseñado para permitir un contrato con el cual se pueda adquirir la electricidad con el precio barato.
 - d. Dificultad de mantenimiento — Si es seguro y sencillo el trabajo de mantenimiento e inspección.
Si es corto el tiempo de restauración en el caso de una falla.
- (3) Transformadores (sólo para subestación)
 - a. Eficiencia — Si el transformador que sufre carga de mucha variación en su uso, tiene la alta eficiencia puesto que la eficiencia de la subestación se determina casi exclusivamente por el transformador.
 - b. Caída de tensión en la parte interna del transformador (impedancia) — ¿Cual es el valor de caída de tensión del transformador que no se puede ignorar? Y, ¿si hay medida contra ésta?
 - c. Confiabilidad — Si el transformador está diseñado para poder soportar suficientemente una gran carga repetida como la de los ferrocarriles electrificados, puesto que el transformador (especialmente suele recibir una gran influencia de una falla y además tarda mucho en restaurarse. Y, ¿si se tiene experiencia suficiente?
- (4) Organos de alimentación
 - a. Detección de corriente en la que ha ocurrido una avería — Si se detecta con seguridad cualquier avería y se interrumpe sin falta la corriente eléctrica en la que ha ocurrido una avería.

- b. **Confiabilidad** -- Si se responde al requerimiento de alta confiabilidad que requiere el interruptor para alimentación puesto que éste tiene relación especial a la seguridad del público.
- c. **Mantenimiento** -- Si está diseñado el equipo para afectar poco a la marcha normal de trenes en la obra de mantenimiento.
Si no se requiere un mantenimiento excesivo por el temor de que ocurra una avería.
- d. **Operación** -- Si es fácil la operación para reducir la influencia de otra avería ó mantenimiento a la marcha de trenes.

(5) **Organos comunes**

- a. **Confiabilidad y prolijidad** -- Si hay confiabilidad y prolijidad de que una avería del sistema común (batería, fuente de energía interior, etc.) no se desarrolle en una avería del sistema.
- b. **Edificio y cerca** -- Se toma en cuenta que no es fácil entrar los públicos y animales.

(nota) **Organos de telecomando**

- a. **Certidumbre** -- Si el sistema está diseñado para que no se de en absoluto una selección equivocada ó un orden equivocado.
 - b. **Comunicación** -- Si se puede efectuar la comunicación entre los lugares relacionados sin excepción segura y prontamente.
En las especificaciones este artículo está incluido en "Señalización".
 - c. **Operación** -- ¿Es fácil de tratar? ¿Es posible cambiar a la operación directa local cuando ocurra una falla ó un trabajo?
- Se han descrito los puntos de verificación que requieren una atención especial. Y se ha omitido la descripción sobre confiabilidad, de los equipos y facilidad de mantenimiento.
- Sin embargo, es claro que estos artículos también son importantes para la evaluación.

3-3-3 Estudio sobre integración nacional

(1) **Clasificación**

Transferencia de tecnología con respecto a producción industrial se analiza en los equipos de cada subestaciones el resultado de análisis se muestra en la hoja adjunta.

Los equipos son clasificados en A, B, C₁, C₂, D₁, D₂, E y F por su dificultad técnica.

A, B, C₁, C₂, D₁, D₂, E y F se muestran en lo siguiente.

- A: Es posible inmediatamente en este proyecto lo que se produce en México.
- B: Es posible emplear lo que se produce en México si se cambia la especificación definida en el documento de licitación.
- C₁: Se necesita algún medio ligero para emplear en este proyecto lo que se produce en México.
- C₂: Se incluye C₁ y se necesita alguna transferencia de tecnología.
- C₃: Se incluye C₁ y se necesita alguna inversión para fabricación.
- D₁: Será posible fabricarse en México en futuro próximo por transferencia de tecnología (en el proyecto próximo).
- D₂: Será posible fabricarse en México en futuro próximo por inversión para fabricación.
- E: Tiene la posibilidad de fabricarse en México en futuro.

F: No es razonable fabricarse en México por poca cantidad y poca utilización.

(2) Observación

Los equipos para las subestaciones están fabricados en México, excepto los particulares, por ejemplo: dispositivos de telecomando, impedancia – relé etc. Por consiguiente es posible fabricar en México, si no toman cuenta del precio y calidad.

Sin embargo los equipos principales de alimentación se necesita alguna transferencia de tecnología por causa de que su carga de los equipos son los especiales como locomotoras y es bastante la frecuencia de interrupción y que en esta parte se encuentran puntos que se mejoraban hacia tiempos largos.

Tabla II-3-8 Hoja resumen de transferencia tecnológica

| Subestación | Elementos compuestos | Dificultades tecticas | Grado |
|---|---|---|--|
| <p>a. - Equipos de recepción (Tensión nominal de 245 KV o 100 KV)</p> | <p>1) Transformadores - condensadores</p> <p>2) Pararrayos</p> <p>3) Seccionadores</p> <p>4) Disyuntores</p> <p>5) Transformadores de corriente</p> <p>6) Transformadores monofásicos enfriamiento natural.</p> <p>7) Transformador de corriente</p> <p>8) Seccionadores</p> <p>9) Disyuntores</p> <p>10) Transformadores para mediciones</p> <p>11) Pararrayos</p> <p>12) Tableros sinóptico y tablero para distribución de energía.</p> <p>13) Transformadores de A.T.</p> <p>14) Interruptores</p> <p>15) Bateria y su tablero</p> | <p>Algunos equipos que se utiliza para telecomando y algunos equipos de bipolares se necesita cambiar en alguna parte.</p> <p>Algunos equipos de bipolares se necesita cambiar en alguna parte</p> <p>Como se usa en el circuito de alimentación deben ser aplicados al uso de frecuentes corto-circuitos.</p> <p>Algunos equipos que se utiliza para telecomando y algunos equipos de bipolares se necesita cambiar en alguna parte.</p> <p>Como se usa bajo la condición del sistema de recierre, la frecuencia de interrupción resulta bastante.</p> <p>Condiciones de accionamiento de este tipo son más severas que las del tipo común.</p> <p>Se incluye unos circuitos y unos elementos, especiales.</p> <p>Se Necesita una impedancia baja</p> <p>Empleo de un sistema al vacio</p> | <p>A</p> <p>A</p> <p>A-C₁</p> <p>A-C₁</p> <p>A</p> <p>C₁</p> <p>A</p> <p>A-C₁</p> <p>C₁</p> <p>A</p> <p>C₀</p> <p>C₁</p> <p>C₁</p> <p>D</p> <p>A</p> |

4. CATENARIA

4. CATENARIA

4-1 Estudio sobre el sistema de catenaria

4-1-1 Condiciones fundamentales de estudio

La catenaria debe ser un sistema de alimentar con seguridad a la carga movable la potencia eléctrica transformada en la subestación, y además, debe tener confiabilidad y seguridad satisfactoria como las instalaciones sin reserva.

Para satisfacer dicho requerimiento, la catenaria debe estar provista de las siguientes calidades:

- (1) Que tenga capacidad de colector de la corriente adecuada a la circulación y la velocidad de trenes.
- (2) Que tenga resistencia mecánica suficiente contra las fuerzas exteriores tales como viento, vibración, etc.
- (3) Que tenga resistencia eléctrica suficiente contra ensuciamiento causado por polvo, etc., y contra capacidad de corriente y caída de tensión.
- (4) Que pueda evitar que el accidente se extienda a otras secciones, minimizando entorpecimiento de la circulación.
- (5) Que no haga daño al público general y al hombre y los animales.

Además tenemos en cuenta las condiciones que se muestra a continuación las mencionadas en el artículo II-1-1 y los siguientes.

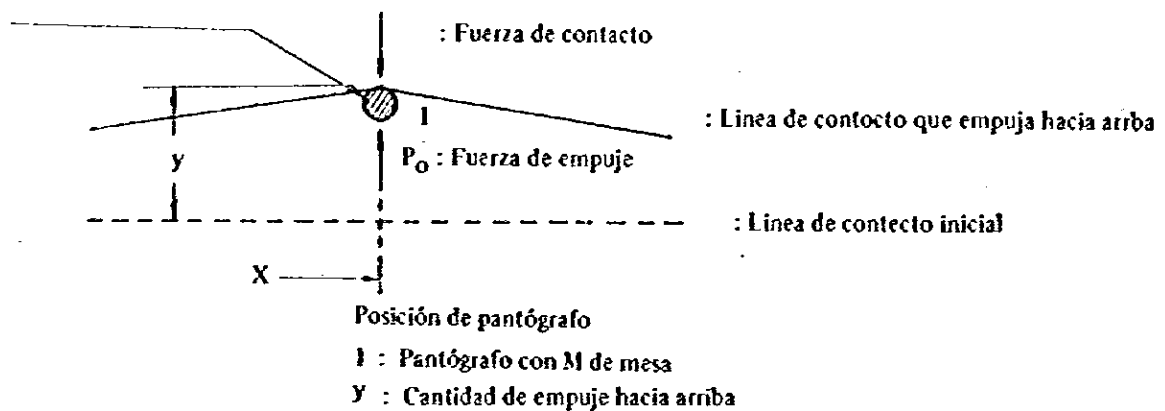
- 1) Temperatura $-10^{\circ}\text{C} - + 50^{\circ}\text{C}$
- 2) Velocidad de viento, máxima 60 km/hr

4-1-2 Característica de colector de corriente

(1) Prólogo

Generalmente la línea de catenaria esta tensionada con la fuerza de 1 tonelada respectivamente tanto a la línea de sostén como a la línea de contacto. Ultimamente por el incremento de la velocidad del tren, se instalan en el prebalanceo (instalar de antemano la altura del centro de vano más cerca del punto de apoyo) que se agrega la línea y en el punto de apoyo sin variar la fuerza de tensión. Por otra parte, a medida que se evolucionó la teoría de línea de sostén, se supo que el incrementar la fuerza de tensión de la totalidad de línea de sostén se origina el mejoramiento de la característica de colector de corriente y la reducción de oscilación de catenaria.

En el Japón se desarrolló la línea catenaria tipo pesada, siendo tensada con 2 toneladas la línea de sostén y 1 tonelada la línea de contacto como de costumbre y se está utilizando desde hace 10 años.



Documento adjunto

La línea de contacto posee acción elástica y el pantógrafo se mueve empujando hacia arriba a la línea de contacto.

Normalmente el movimiento de un sistema compuesto de la catenaria y el pantógrafo se expresa con la siguiente fórmula.

$$Y = \frac{P_o}{K} (1 + E f(x)) \quad (4-1)$$

- Y: Volumen de empuje de la línea catenaria
- K: Valor medio del constante de elasticidad
- E: Factor de diversidad del constante de elasticidad
- X: Posición del pantógrafo
- f(x) = Función de x (pérdida de oscilación)
- Po: Fuerza de empuje del pantógrafo

Comunmente se consideran las siguientes condiciones para mejorar las características del colector de corriente.

- 1) Reducir la oscilación del pantógrafo y lograr el 0 si es posible.
- 2) Reducir el desplazamiento de la línea catenaria, y lograr el 0 si es posible.

De acuerdo con la ecuación (4-1), deberá lograr $E = 0$ para satisfacer la condición del punto 1) arriba citado, para satisfacer el punto 2) arriba citado, deberá aumentar la K ya que no es posible reducir mucho la Po.

(2) Catenaria simple tipo Y reforzada

La catenaria simple tipo Y reforzada, se trata de la línea catenaria que intenta reducir el factor de diversidad E del constante de elasticidad achicando la constante de elasticidad del punto de apoyo de acuerdo con el centro del vano. Es decir, se propone achicar la E de la ecuación (4-1). Este es un sistema de catenaria que se empleó en el Japón como línea catenaria de alta velocidad, pero se tienen los siguientes inconvenientes.

- 1) Se incrementa el volumen de empuje y es fácil producirse la fatiga de oscilación en la catenaria en los herrajes, etc. Si se emparejara la constante de elasticidad y el centro del vano (valor mínimo) se reducirá naturalmente el volumen de empuje y como resultado de esto se incrementará la oscilación. En consecuencia, será fácil de

producirse la fatiga de oscilación en la catenaria, en los herrajes, etc. (Nos referimos a la comparación cuantitativa más adelante). Por esta razón se origina el aumento de fallas en la catenaria y el volumen de su mantenimiento.

2) Estructura de sección (superposición)

Es imposible emparejar la constante de elasticidad de la sección en un lugar. Por consiguiente es fácil de producirse la oscilación anormal en el momento de pasar por la sección.

3) Influencia del viento lateral

Cuando el viento lateral choca con la catenaria: el cable se encorva hacia el lado sotavento, se incrementa la fuerza de tensión y la línea de contacto se encorva hacia arriba.

Este volumen se incrementa cuando más grande sea la presión del viento al sistema de catenaria y cuando más chica su fuerza de tensión. El propósito de este sistema catenaria es la nivelación de altura por lo que este propósito queda anulada por el viento.

4) Experiencias en Japón

La razón por la cual se dejó de emplear la línea de catenaria tipo Y forzada en Japón es por los siguientes problemas: el corte de línea y causado por la fatiga de oscilación; el corte del cable de línea catenaria en el punto de apoyo; la talla causada por el cambio de característica que se origina por el viento; y a su vez ellos demandaban la gran cantidad del personal y trabajos de mantenimiento para el ajuste de la parte y de cable (especialmente en la sección). Se realizó la obra de modificación de la catenaria tipo Y reforzada por la catenaria pesada que se refiere a continuación.

(3) Catenaria simp pesada

Este sistema de catenaria, es un sistema que está incrementado en la totalidad la constante de elasticidad por medio de la fuerza de tensión de la catenaria, y de esta empleado en el Japón como la catenaria de alta velocidad.

1) Cantidad de empuje hacia arriba

Es poca la fatiga de oscilación del cable, los herrajes, etc., dado que puede limitar dentro del alcance pequeño, la cantidad de empuje hacia arriba en la totalidad.

2) Estructura de sección (seccionamiento con láminas de aire)

Se produce una oscilación anormal en la sección igual que la línea catenaria y reforzada, pero la influencia sobre el sistema de catenaria causado por la oscilación es poca y a que la cantidad de empuje es pequeña.

3) Influencia del viento lateral

La presión de viento del sistema catenaria se incrementa generalmente por el agrandamiento del diámetro de cable de acuerdo con el incremento de tensión, pero la desviación total es pequeña dado que se aumenta la tensión, por lo que la influencia sobre la característica del sistema de catenaria es pequeño.

4) Experiencia en Japón

El motivo de haberse comenzado emplear la catenaria pesada simple en lugar de la línea catenaria Y forzada, se debe a la fatiga de oscilación y a la facilidad de ajuste. Sin embargo, se supone el incremento general de costo de construcción debido al

agrandamiento del diámetro de cable, el aumento de la resistencia de elemento de sostén que se originan por el incremento de tensión. Pero resultará más económico que la línea catenaria de cobre empleando en el acero de la catenaria para incrementar el diámetro. Asimismo, se evita el incremento de costo ya que puede extenderse el vano del elemento de sostén más que la línea de catenaria de cobre (Observación 1).

4-1-3 Simulación por computador

Se hizo comparación de ambos sistemas catenarias mediante la simulación empleando la catenaria simple tipo Y reforzada propuesta aquí y la línea catenaria simple pesada.

(1) Condición preestablecida

1) Sistema catenaria

El sistema catenaria consta de 3 tipos indicados en la Fig. II-4-1. Para la simulación se adoptó la estructura de retención de ambos extremos entre 5 vanos y se analizaron los datos de los vanos 4° y 3°.

2) Sistema de pantógrafo

Para el sistema de pantógrafo, se consideró un sistema indicado en la Fig. II-4-2, siendo: 20 kgs el volumen equivalente de masa; 68,6 N la cantidad de empuje en el momento estático y 117,6 N durante la marcha a 160 km/hr, y se consideró que la fuerza neumática de ellos se incrementa proporcionalmente al cuadrado de la velocidad.

Se consideró así mismo que la velocidad máxima de avance del pantógrafo a 160 km/h.

3) Prebalanceo

En cuanto al prebalanceo, este se instaló igual al que se tiene 1/1000 de longitud de vano en el punto central del sistema catenaria.

(2) Se indica el resultado en la Fig. II-4-3

1) Cantidad de empuje (centro de vano)

La cantidad de empuje en el centro de vano a velocidad de 160 kms/h es:

α) 146 mm β) 87 mm δ) 118 mm

2) Cantidad de empuje (punto de apoyo)

El empuje en el punto de apoyo a 160 km/h:

α) 92 mm β) 30 mm γ) 30 mm

3) Amplitud de oscilación hacia arriba y abajo del pantógrafo

La amplitud de oscilación hacia arriba y al lado abajo del pantógrafo a 160 km/h (altura máxima de pantógrafo – altura mínima del pantógrafo):

α) 60 mm β) 40 mm γ) 50 mm

(3) Consideraciones

La (β) indica la mejor característica siendo la más chica tanto en la oscilación de pantógrafo como en el volumen de empuje.

Respecto a la (γ), la oscilación de pantógrafo es similar a la (α) pero el empuje tiene mejor característica que la (α). En cuanto a la (α), la oscilación del pantógrafo es similar a la (γ), pero la

cantidad de empuje es más grande que (β) y (γ) y la característica de oscilación no es buena.

Como uno de los problemas podría citarse el de si es o no apropiado el modo de instalar el prebalanceo, pero en cuanto a la característica de oscilación, la (α) es inferior a (β) y (γ) . Especialmente, podría citarse el dispositivo de acometida de línea de alimentación como herraje más fácil de dañarse por la influencia de oscilación, pero en el Japón se ha observado que en la medición real del esfuerzo es más del doble en la línea catenaria que en la línea "Y" reforzada que en la catenaria pesada.

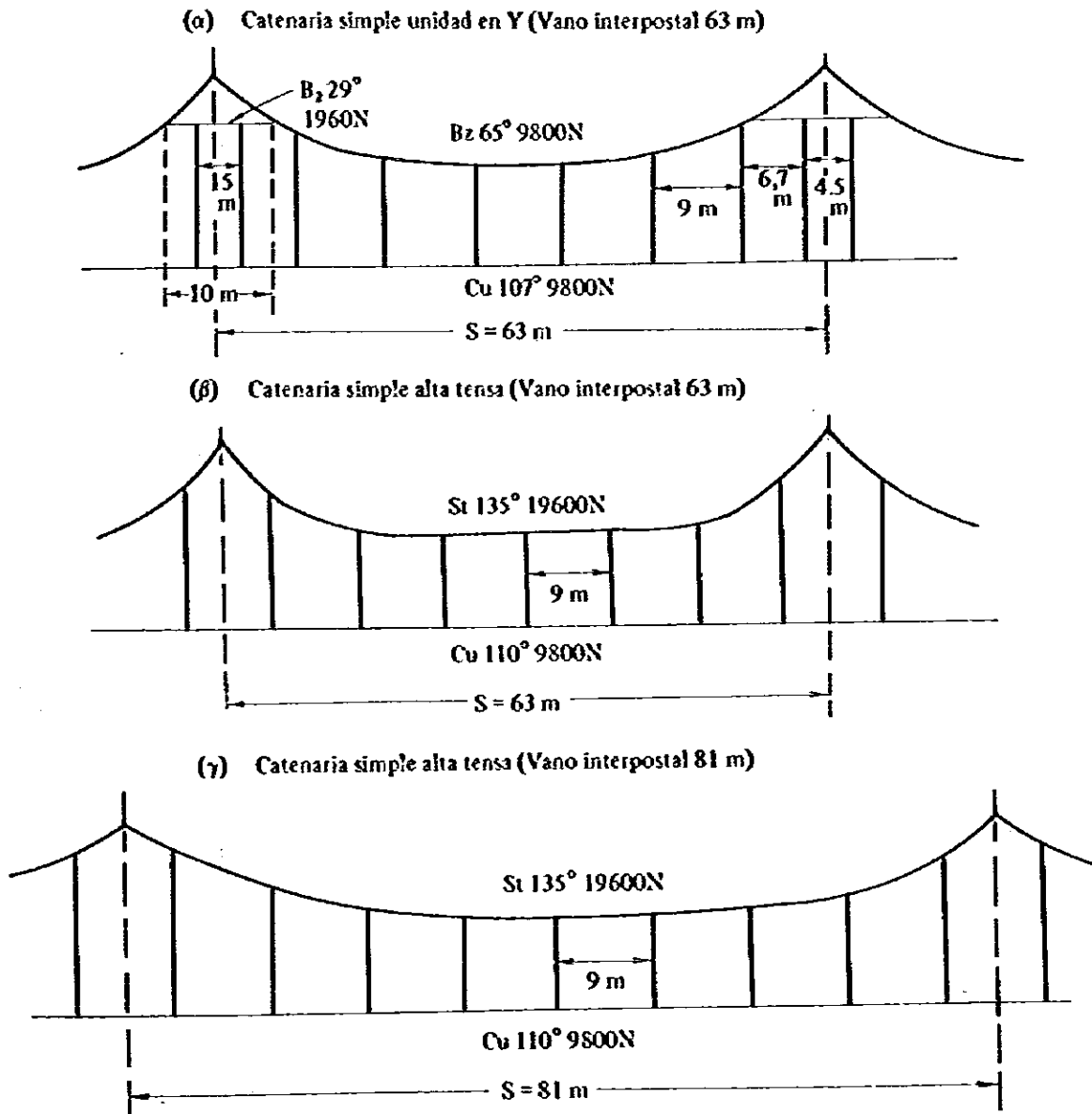


Fig. II-4-1 Sistema de la catenaria aplicado a la simulación de computador



M : Masa dinámica de pantógrafo
 P_V : Cantidad de empuje hacia arriba

Fig. II-4-2 Modelo de pantógrafo

Fig. II-4-3 Resultado de cálculo por simulación

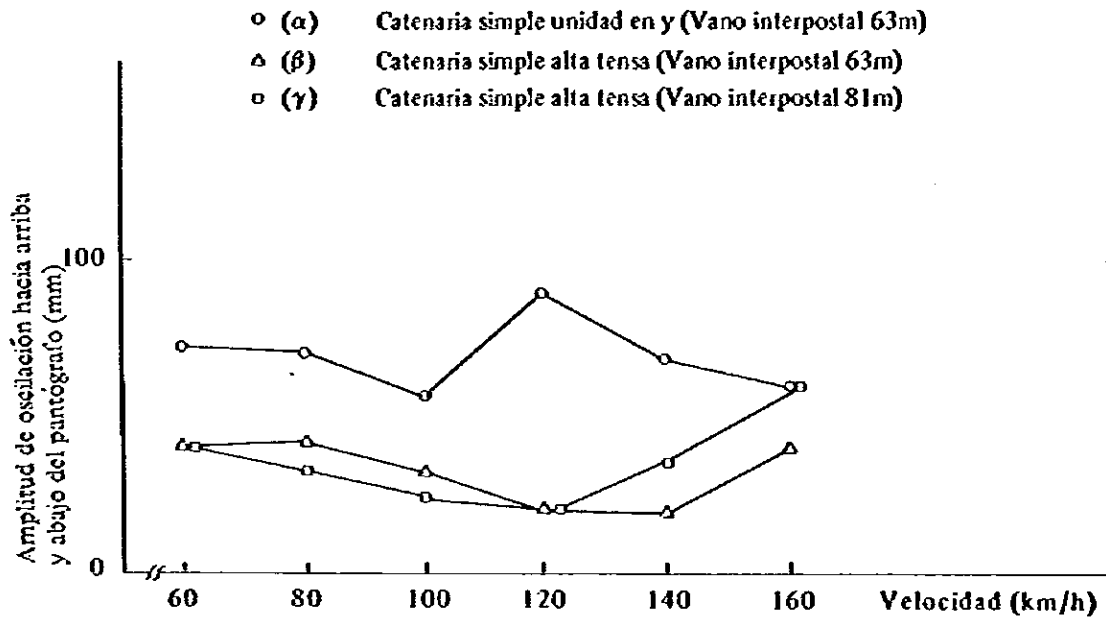


Fig. II-4-3(1) Amplitud de oscilación hacia arriba y abajo del pantógrafo

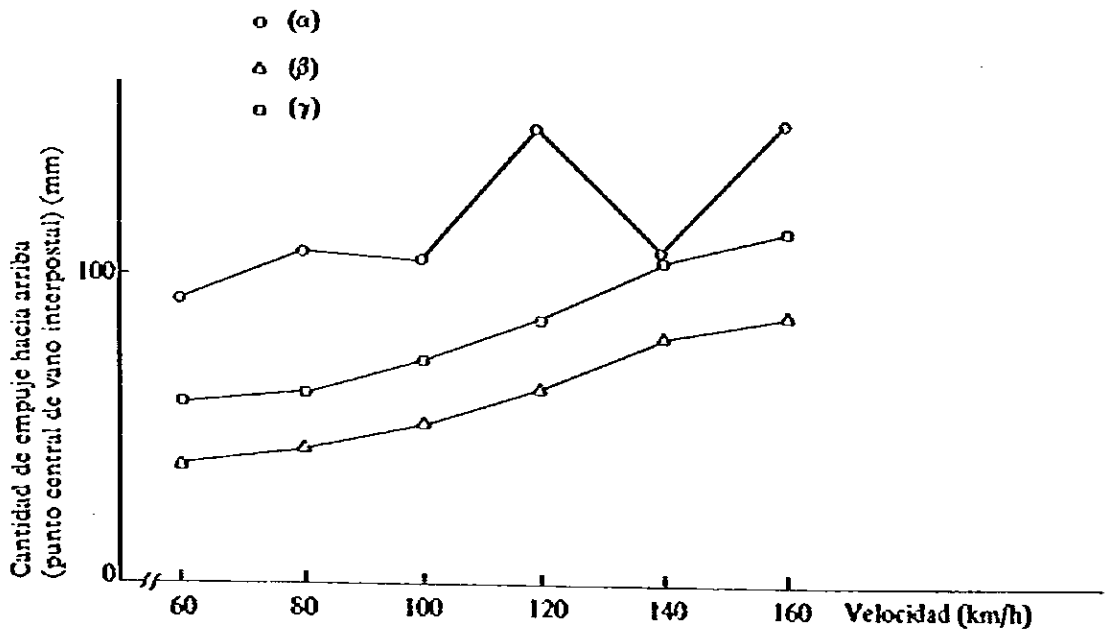


Fig. II-4-3(2) Cantidad de empuje hacia arriba (punto central de vano interpostal)

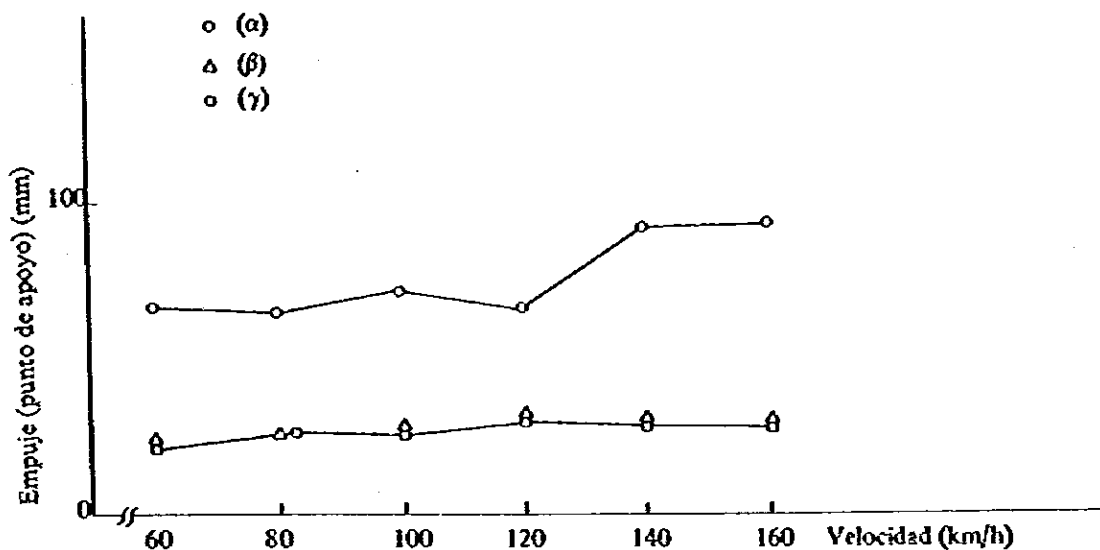


Fig. II-4-3(3) Empuje (punto de apoyo)

4-1-4 Consideraciones sobre el material de catenaria

(1) Capacidad de corriente

El sistema de catenaria pesada está formado en su mayoría incrementando el esfuerzo de tensión de la línea de sostén solamente empleando el acero en la línea de sostén teniéndose en cuenta la economía a fin de aumentar el esfuerzo de tensión de la totalidad de catenaria.

Por esta razón, desde el punto de vista la capacidad de corriente, la línea de sostén es mejor que la del sistema simple tipo Y reforzada. El problema de la capacidad de corriente del sistema AT, es solamente entre la subestación y el 1° AT, y según el caso será necesario tomar medidas tales como extender 2 líneas de contacto en este tramo. El estudio concreto de este proyecto se detallará en el párrafo sobre el estudio del sistema de alimentación.

(2) Resistencia mecánica

La característica mecánica es una incógnita ya que se desconoce el detalle de composición de líneas de sostén Y de la catenaria Y reforzada propuesta en esta oportunidad, pero normalmente el límite de fatiga en la oscilación de 10^7 veces es unos 15 kg/mm^2 el sistema de aleación de cobre que tiene la resistencia a la tensión como éste, y es fácil de producirse el corte de cable en la cercanía del punto de apoyo. En el Japón por esta razón se está reemplazándolo por el cable de acero.

Especialmente, en caso de que el material sea del sistema cobre, es fácil de dañarse la superficie y una vez que se dañe, se originan desde este lugar la fisura causada por la oscilación y finalmente se rompe. (Observación 2).

(3) Otras características

Asimismo, en caso de que el material del sistema de cobre que tiene el cable de diámetro chico como Br 65°, es fácil de fundirse por la corriente de gran potencia de cuando se produce el arco y es fácil de desgastarse, por lo que será el equipo que se necesita el mantenimiento e inspección.

Por otra parte, dado que tiene excelente resistencia contra desgaste y es difícil de dañarse, podrá considerarse que es excelente el material mecánicamente como línea de sostén, ya que la característica de resistencia contra oscilación, es buena aún cuando este dañado. Especialmente, su característica se mejora notablemente, cuando más grande el diámetro de cable y la cantidad de galvanización.

Sin embargo generalmente el cable del sistema cobre tiene más virtudes que el cable de acero galvanizado ya que es resistente a la condición ambiental y es poca la corrosión causada por la oxidación.

4-1-5 Comparación del costo de obra

Hemos hecho comparación los costos globales de cada sistema de alimentación y de cada sistema de catenaria en el tramo de la electrificación proyectada. El resultado se muestra en la Tabla II-4-1, a base de los siguientes.

- 1) Mexico-Querétaro (250 km) : vias dobles
- 2) Querétaro-Irapuato : via sencilla

Tabla II-4-1 Comparación de costo de calenaria de varios sistemas

| | Br 65 ² - Cu 107 ² con Y + ACSR 40 ² [A] | St 135 - Cu 110 + ACSR 40 ² [B] | St 135 ² - Cu 100 ² St 90 ² - Cu 100 ² + ACSR 40 ² + Ar 200 ² [C] | MEMORÁNDUM |
|---|---|--|--|--|
| Poste y otros | 64 | 55 | 55 | Se inclú ya postes, pórticos, ménsulas móviles y riendas. Se incluye línea de protección y descargador etc. |
| Línea de alimentación | - | - | 16 | |
| Catenaria | 34 | 20 | 10 | |
| Instalaciones demás | 2 | 2 | 4 | |
| SUMA | 100 | 77 | 85 | |
| <p>Nota: 1) Cuando se emplea St - 135²- Cu 110² en todo el tramo, SUMA resulta 86. 2) Cuando se emplea St - 135²- Cu 100² y además la sección entre sub-estacion y AT transformador primero se emplea St - 135²- Cu 100² x 2, SUMA resulta 95.</p> | | | | |

Observación 1

1. Desplazamiento de la catenaria por el viento

- (1) Desplazamiento de la catenaria simple unidad en Y propuesta en este proyecto por el viento (Br 65° - Cu 107°, distancia interpostal 63 m)

La línea de portador = diámetro 10,5 mm, tensión: 1.000 kg.

El hilo trolley: diámetro 12,24 tensión: 1.000 kg.

La velocidad de viento = 25 m/s

$$\delta = 220,3 \text{ mm.}$$

- (2) Desplazamiento de la catenaria alta tensa por viento (St 135°, Cu 110°, distancia interpostal: 63 m)

La línea de portador: diámetro 15 mm tensión 1.000 kg.

El hilo trolley: diámetro 12,34 tensión, 1.000 kg.

La velocidad de viento $V = 25 \text{ m/s}$

$$\delta = 176,6$$

En el caso de permitir $\delta = 220,3$ de catenaria simple alta tensa, distancia interpostal se puede extender hasta la cantidad siguiente:

$$* S_{\delta=220,3} = 70,4 \text{ m}$$

2. Conclusión

La distancia interpostal máxima de la catenaria simple unidad en Y, es de 63 mts, pero en caso de la catenaria simple alta tensa alcanza 70,4 m. Entonces la cantidad de soportes y también la cantidad de ménsula móvil de la catenaria simple unidad en Y aumentará 10% más que la catenaria simple alta tensa.

Además, la línea del portador de la catenaria se compone de bronce, no puede menos de importarla y por eso el costo de catenaria simple unidad en Y resultará más alta en precio que la catenaria simple alta tensa empleando acero cincado.

Observación 2

La curva SN de acero se muestra en la Fig. 1 (curva entre fuerza por unidad y frecuencia de flexión). Según curva SN de acero, generalmente, acero no es menor que 40 kg/mm^2 , aún cuando la flexión aplicada sea más de 5×10^5 veces.

Como se muestra en la Fig. II-4-4, refiriendo la SN de cobre y de aleación de cobre, δ bajo en proporción a la frecuencia de flexión aplicada y llega $\delta = 15 \text{ kg/mm}^2$ con una frecuencia de 10^7 veces.

De acuerdo con investigaciones efectuadas se ha demostrado que a mayor tensión el grado de baja se incrementa.

En la práctica usual se ha visto que el alambre de cobre es fácil de romper con la flexión constante.

El hilo de mensajero y la sección "Y" de la catenaria son propensos a romperse en la parte del hilo del mensajero o Y que esta en contacto con un herraje, porque esta sección sufre una fuerza mayor y repetida y lo anterior se basa en la experiencia de los FFCC de Japón.

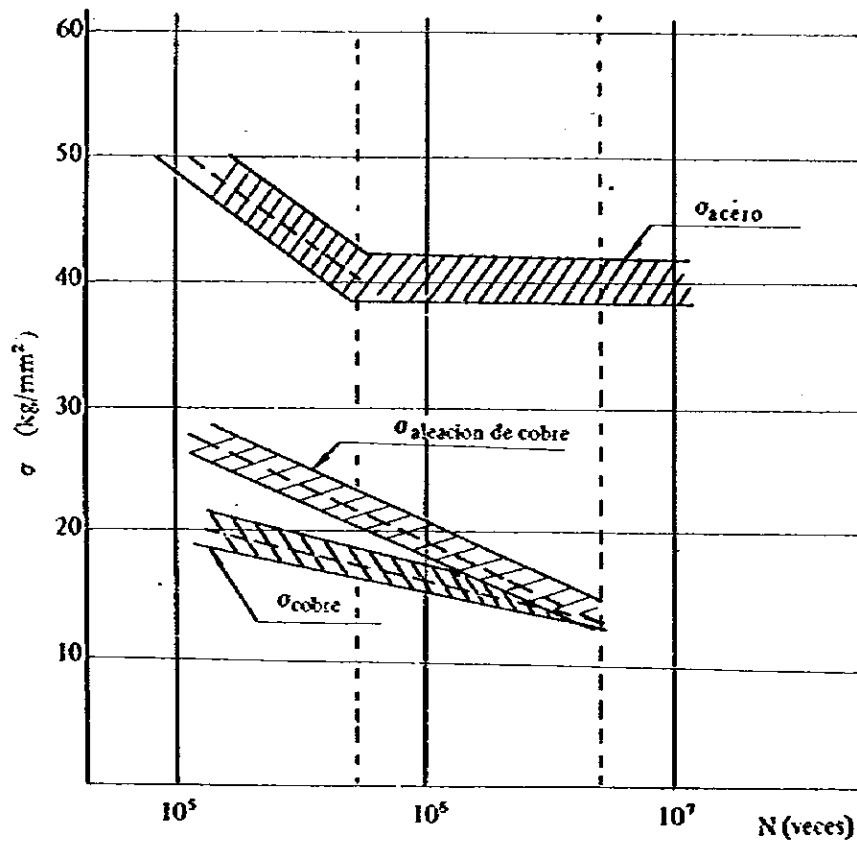


Fig. II-4-4 Curva S-N

4-2 Opinión sobre las especificaciones ofrecidas

Hemos presentada nuestra opinion sobre lo mencionado arriba.

4-2-1 Opinión sobre el sistema global

(1) Condiciones para diseño

(1)-1 Temperatura

La temperatura esta definida demasiado alto, observando los datos que durante 30 años se han publicado por autoridades, la temperatura máxima debiera ser 40° entre México e Irapuato. Si se adoptará 40°C, las instalaciones resultarán económicas.

(2) Los soportes

Se debería usar no sólo para las especificaciones de los soportes el poste de hierro, sino también el de hormigón.

Justificación:

1) Respecto al poste de hierro se requiere pintura, que cuesta mucho trabajo en su aplicación y también se necesita su mantenimiento constante, aún usando el método de la galvanización de zinc.

El poste de hormigón se puede usar sin mantenimiento.

2) En México, se usa el poste de hormigón en gran escala en la C.F.E, que cubre el momento de flexión igual al de la catenaria.

- 3) No hay problema ninguna con el poste de hormigón a pesar de que se fabrique en forma manual.
Recientemente, se adaptó la construcción con maquinaria, y por eso se incrementó su fiabilidad en cuanto al manejo del poste de hormigón en la construcción.
- 4) En Japón, el país es atacado varias veces anualmente por tifones a la velocidad media de los 40 mts/s, (144 km/h), se usa el poste de hormigón normalmente. Sin haber surgido ningún problema. Cuando se aplica al de hormigón una fuerza excesiva superior a la de diseño, se lo rompería, pero en el caso del poste de hierro este se dobla. En tal caso, el poste de hormigón es tan fácil de cambiarlo como el de hierro. Especialmente, el de acero de tipo H tiene debilidad para el esfuerzo torsional. Por lo tanto se debe calcular cuidadosamente su diseño.

5) El de concreto es suficiente para soportar la fuerza necesaria

(3) Alambres

El grueso de los alambres se deberá decidir según la corriente que pasa por los alambres. A este propósito deberá aclararse el plan de explotación en este documento de la licitación, especialmente la corriente de los trenes (los datos que se pueden calcular la corriente de los trenes).

1) Hilo de contacto

El hilo de contacto se usa en cada país con varios reglamentos (ver Tabla II-4-2).

2) La línea de mensajero

La línea de mensajero no es necesario usar al de bronce. La aleación de cobre usado con la tracción, necesita la fusión completa de sus materias en su fabricación. Por eso nos parece que no hay más que importarlo.

Antes bien nos gustaría recomendar el cable de acero cincado que es fácil posible de ser abricado en México.

Además sugerimos usar el cable de alta tensión con dos toneladas en la línea del mensajero en el tramo del servicio a alta velocidad.

Respecto a una zona de alta velocidad de trenes y de la falta de la capacidad de corriente (en el caso de la alimentación AT), es entre la SS (Subestación) y el primer AT, nos gustaría hacer el doble de la línea.

Esta manera es muy económica más que en el caso de emplear el bronce en la línea de mensajero. (ver Tabla II-4-1).

3) La línea simple en Y

No podemos recomendar la línea simple en Y, porque tiene el defecto muy tendiente a cortarse, usándola por mucho tiempo. Y además es trabajoso para arreglar el tensor que esta insertado en la línea Y.

Por consiguiente nos gustaría recomendar la catenaria alta tensa. (ver documento adjunto: Observación 2).

- 4) **Línea de alimentación**
Es económico el uso de la línea de alimentación de aluminio. En Japón se emplea la línea de aluminio, desde hace más de veinte años y no se han tenido problemas.
- 5) **Pre-tensión al hilo de contacto**
El tiempo definido en las especificaciones de que se aplica al hilo de contacto con sobretensión después de terminar a extenderlo es demasiado largo. Porque la cantidad de la extensión por pre-tensión es grande al principio de pre-tensión y se disminuye exponencialmente con el tiempo, recomendamos menos de un día.
- (4) **Sistema de catenaria**
- 1) **Secciones**
Secciones de separación con dos seccionamientos de láminas de aire. Cuando el tren pasa sin cortar la corriente de tracción, en este lugar, se produce un arco por la inductancia del transformador de la locomotora y se corre peligro, especialmente en el lugar de la pendiente continua de 0,75%. Hay medidas que cambian la fase en la parte media entre dos seccionamientos de láminas de aire relacionado con la señalización, pero esta medida necesita instalaciones complicadas y requiere mucho mantenimiento.
Por lo tanto en este lugar los trenes pasan cortando la corriente de tracción.
En este caso se puede emplear un seccionador de F.R.P. (una especie de aislador de material sintético) que se emplea desde hace más de diez años en Japón sin ninguna dificultad, y que resulta más económico, más fácil su mantenimiento y más fácil la operación de trenes. En el caso de adoptar el sistema AT, estas instalaciones se pueden hacer menos de la mitad en número comparativamente con el sistema simple, en el lugar de pendiente continua de 0,75%. No necesita este seccionamiento en el empleo de alimentación paralela.
- 2) **Sobre la división de la catenaria**
El intervalo de división de la catenaria es demasiado pequeño. La división de catenaria se hace por la subestación, el puesto de seccionamiento y el puesto de seccionamiento auxiliar.
Eso es un tramo de sin energía cuando ocurre avería o hace mantenimiento como se proyecta, entonces cuando el tramo sea más pequeño, más se hace conveniente en al caso de avería pero el aumento de números de división resulta un aumento del costo de construcción, de las instalaciones que necesitan mantenerse y de la ocasión de avería de las instalaciones de sí mismo.
El número de divisiones de catenaria se relaciona con el volumen de la transportación y con las necesidades de mantenimiento.
En Japón generalmente se divide en 10 tantos kms y 20 tantos. En este proyecto recomendamos superior el puesto de seccionamiento auxiliar entre subestación y el puesto de seccionamiento.
- (5) **Los herrajes**
Cada país donde se ha electrificado en gran escala tiene los herrajes propios que están definidos los esfuerzos necesarios de compresión, de tracción de retención, etc., y la durabilidad y otras calidades según el tipo adoptado en cada país.

Los herrajes que nos ofrecen en los documentos se deberán considerar como ejemplo.

1) La ménsula

La ménsula no es necesaria siempre y que se decida usar el aislador de macizos. Se deberá tener una posibilidad de emplear el aislador del tipo capt y vástago. La ménsula móvil mostrada en esta especificación nos parece que hay puntos que mejorar.

4-2-2 Permisi6n de las alternativas

Se deber6n adoptar los equipos empleado en ferrocarriles de cada pais sin dificultades como alternativas.

Y estos se deber6n aplicar a las condiciones ambientes y a les de explotaci6n en M6xico.

Por lo tanto se considera ventajoso para Mexico definir claramente en las especificaciones que se puedo proponer las alternativas facilmente.

4-2-3 Opini6n sobre los art6culos

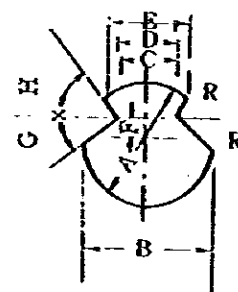
Hemos presentado nuestra opinion sobre cada articulo s6lo limitandose en los problemas tecnicos. Los detallados del contenido que presentamos son tan variosos que se incluye en el documentos que presentamos.

Tabla II-4-2 La medida normal de hilo trolley de cada país

| País | Sección nominal mm ² | Sección para calcular mm ² | Peso kg/km | La medida de cada parte (mm) | | | | | | | | | Nota |
|----------------|---------------------------------|---------------------------------------|------------|------------------------------|-------|------|------|------|------|---------|-----|-----|---|
| | | | | A | B | C | D | E | F | R | G | H | |
| Inglaterra | 107 | 107 | 951 ± 3% | 12,30 | 12,30 | 5,1 | 5,50 | 8,0 | 2,6 | 0,28 | 27° | 51° | BS23 |
| | 161 | 161 | 1.430 ± 3% | 15,00 | 15,00 | 8,1 | 8,50 | 12,0 | 1,75 | 0,38 | 27° | 51° | |
| | 193 | 193 | 1.715 ± 3% | 16,40 | 16,40 | 8,1 | 8,50 | 12,0 | 2,90 | 0,38 | 27° | 51° | |
| Estados Unidos | 107 | 107,4 | 955 | 12,2 | 12,2 | 6,35 | 6,78 | 9,55 | 1,60 | 0,381 | 27° | 51° | ASTM B9 y B47 |
| | 152 | 151,9 | 1.350 | 14,6 | 14,6 | 6,35 | 6,78 | 9,55 | 3,23 | 0,381 | 17° | 51° | |
| | 177,3 | 177,9 | 1.581 | 15,7 | 15,7 | 6,35 | 6,78 | 9,55 | 3,96 | 0,381 | 27° | 51° | |
| Francia | 100 | 100 | 859 ± 3% | 12,0 | 12,00 | 5,10 | 5,60 | — | 1,87 | 0,38 | 27° | 51° | NF 34-600 |
| | 107 | 107 | 951 ± 3% | 12,24 | 12,24 | 6,50 | 6,92 | — | 1,69 | 0,38 | 27° | 51° | |
| | 150 | 150 | 1.334 ± 3% | 14,50 | 14,50 | 6,50 | 6,92 | — | 3,25 | 0,38 | 27° | 51° | |
| Alemania | 100 | 100 ± 4% | 850 | 12 | 12 | — | 5,6 | — | 2 | 0,3-0,4 | 26° | 50° | DIN 43141 |
| | 120 | 120 ± 4% | 1.070 | 13,2 | 13,2 | — | 5,6 | — | 2,6 | 0,3-0,4 | 26° | 50° | |
| | 150 | 150 ± 4% | 1.335 | 14,8 | 14,8 | — | 5,6 | — | 3,4 | 0,3-0,4 | 25° | 50° | |
| Japón | 110 | 111,1 | 937,7 ± 2% | 12,34 | 12,34 | 6,85 | 7,27 | 9,75 | 1,7 | 0,38 | 27° | 51° | JIS E2101 JIS 36512-3F JIS 36512-7A |
| | 150 | 150,7 | 1.340 ± 2% | 14,40 | 14,40 | 6,85 | 7,27 | 9,75 | 3,2 | 0,38 | 27° | 51° | |
| | 170 | 172,2 | 1.531 ± 2% | 15,30 | 15,30 | 6,85 | 7,27 | 9,75 | 3,9 | 0,38 | 27° | 51° | |

Conductividad y Fuerza de tracción del nomas de cada país
(110 mm² ~ 110 mm²)

| País | Norma | Material | | Conductividad mínima (IACS) | Fuerza mínima de tracción (kg/mm ²) |
|----------------|---|----------|-------|-----------------------------|---|
| | | Cu | Cu-Cd | | |
| Inglaterra | BS23 | Cu | 0,7 | 97 | 36,7 |
| | | Cu-Cd | 0,7 | 84 | 43,9 |
| Estados Unidos | ASTM B9 | Al-y | 40 | 40 | 49,5 |
| | | | 55 | 55 | 48,5 |
| | | | 80 | 80 | 45,7 |
| | ASTM B47 y B116 | Cu | | 97,2 | 32,8 |
| Francia | NF 34-600 | Cu | | 98 | 36,5 |
| | | Cu-Cd | | 90 | 44,0 |
| Alemania | DIN 43140 y 43141 | Cu | | 96,5 | 35,7 |
| | | Cu-Ag | 0,1 | 96,5 | 36,7 |
| | | Cu-Cd | 0,7 | 85,2 | 41,3 |
| | | Cu-Cd | 1 | 80,2 | 43,4 |
| | | | | | |
| Japón | JIS E2101 JIS 36512-3F JIS 36512-7A | Cu | | 97,5 | 35,1 |
| | | Cu-Ag | 0,2 | 97 | 36,9 |
| | | Cu-Se | 0,3 | 70 | 36,9 |



4-3 Principio de evaluación de las propuestas

4-3-1 Artículos de evaluación

El sistema razonable de catenaria se necesita tener característica que se muestra a continuación, tomando en cuenta característica de economía y la de mantenimiento.

1. Que el sistema sea lo mas simplificado y abreviado y abreviado posible con menor componentes.
2. Que sea difícil de romperse con alta confiabilidad para que se reduzca el accidente.
3. Que tenga la larga vida útil teniendo en cuenta reducción del costo de reemplazo.
4. Que el sistema requiera una obra de arreglo sencillo o no requiera ninguna obra para que la obra de mantenimiento pueda efectuarse sencilla, segura y ciertamente.
5. Que se concentren el seccionador y otros equipos que puedan concentrarse.
6. Que el sistema sea fácil de hacer control científico para que puedan hacer de inspección y medicion automatica por maquinaria, etc.
7. Que el sistema tenga armónica entre los órganos.

Una vez el sistema se forma teniendo en cuenta los puntos mencionados, será la catenaria con alta confiabilidad y poco mantenimiento.

Aquí tomando en cuenta la característica de mantenimiento. La confiabilidad y la característica del sistema de la catenaria, ponemos la importancia a los órganos de la catenaria y hacemos la elaboración de la table de los artículos de evaluación y su complementario.

El resultado se muestra a continuación.

Tabla II-4-3 Tabla de distribución de peso de evaluación sobre los órganos de la catenaria

| Organos | Características de mantenimiento | Confiabilidad | | Característica de cada órgano | Peso para evaluar |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------|
| | | Posibilidad de falla | Influencia de avería | | |
| 1. Catenaria | ○ | Δ | ○ | ○ | 30 |
| 2. Herrajes | ○ | Δ | Δ | ○ | 20 |
| 3. Postes y soportes | ○ | Δ | ○ | Δ | 15 |
| 4. Equipos | | | | | |
| 4-1 equipo tensor | Δ | Δ | Δ | Δ | 10 |
| 4-2 la línea de contacto cruzado | Δ | Δ | Δ | Δ | 10 |
| 5. Aisladores | Δ | Δ | Δ | Δ | 10 |

grado de importancia: ○ > Δ > blanco

Tabla II-4-4 Tabla de artículos para evaluar los órganos de la catenaria

| Organos | Característica de mantenimiento | Confiabilidad | | Característica de cada órgano |
|--|---|---|---|--|
| | | Posibilidad de la falla | Influencia de avería | |
| 1. Catenaria a. Fuerza mecánica b. Capacidad de corriente c. Comportamiento colector del pantógrafo d. Anti-corrosión e. Anti-arco g. Medidas preventivas para sacudida eléctrica | { Cable portador Alambre de contacto Línea de contacto Idem Idem Idem | Idem a la izquierda Idem Idem a la izquierda Idem Cable portador Alambre de contacto | Idem a la izquierda Idem Idem a la izquierda Idem Idem a la izquierda | { Característica de anti-vibración Sección Sección Sistema de catenaria Medida Materiales de línea de contacto |
| 2. Herrajes a. Fuerza mecánica b. Capacidad de corriente c. Anticorrosión | Péndulo Brazo de sujeción Herraje de conexión Herraje de continuidad Herraje de conexión Péndulo Brazo de sujeción Herraje de conexión Herraje de continuidad | Idem a la izquierda Idem Idem | Idem a la izquierda Idem Idem | Anti-vibración Fuerza de tensión Sección Resistencia de contacto Material |
| 3. Poste y soportes a. Fuerza mecánica b. Anti-corrosión | | | Poste Portico rígido Pórtico flexible Ménsula móvil Idem | Característica de sección de poste Característica de sección de pórtico rígido La vida |
| 4. Equipos 4-1. Equipo tensor a. Calidad b. Duración 4-2. La línea de contacto cruzado a. Calidad | Garracha Rueda en la garracha Construcción | Idem a la izquierda Idem Idem a la izquierda | Idem a la izquierda Idem Idem a la izquierda | Mecanismo quitario Alcance de arreglo Característica de anti-desgaste Fuerza de anti-flexión Característica para el paso de pantógrafo |

| Organos | Característica de mantenimiento | Confiabilidad | | Característica de cada órgano |
|-------------------------------|---|-------------------------|--------------------------------|---|
| | | Posibilidad de la falla | Influencia de avería | |
| 5. Aisladores | | | | |
| a. Fuerza mecánica | Porcelana cadena Porcelana cuerpo macizo Aisladores de resina sintética | | Porcelana cuerpo macizo | Fuerza de tensión Fuerza de tensión Fuerza de flexión |
| b. Calidad de aislamiento | Idem | | | Línea de fuga |
| c. Cooperación de aislamiento | Porcelana cadena Porcelana cuerpo macizo | | | |
| d. Construcción | Aisladores de resina sintética | | Aisladores de resina sintética | Característica para el paso de pantógrafo |

4-3-2 Punto de chequeo de evaluación

Conceptos para evaluar, que se muestran en la Tabla II-4-4, constan sólo de artículos. Entonces mostramos los puntos importantes de evaluación y las explicaciones a continuación:

Como la catenaria es un sistema sin reserva, la evaluación de la catenaria se determina por el grado de influencia del accidente que ocurriera; las dificultades de procedimiento que se tomarían para el accidente.

Y también debe satisfacer las condiciones básicas señaladas en las especificaciones señaladas en las especificaciones (se indica*).

Teniendo en cuenta dicho aspecto, se describirán las siguientes.

(1) Catenaria

- 1) Resistencia mecánica — Si tiene resistencia mecánica suficiente al viento, tensión mecánica y vibración causada por el paso del pantógrafo y tensión mecánica.
- 2) Capacidad de corriente — Si puede alimentar al tren eléctrico una energía eléctrica suficiente.
- 3) Anticorrosión — Si se utiliza el material anticorrosivo para prevenir decadencia funcional que se causaría por polvo y uso de largos años, así como obtener la duración prolongada.
- 4) Comportamiento colector del pantógrafo — Si tiene la estructura adecuada a la circulación de los trenes.
- 5) Medidas preventivas para sacudida eléctrica — Si se toman medidas preventivas para sacudida eléctrica contra el público general y el hombre y los animales en el viaducto, paso a nivel, andén y otros lugares, próximos a la catenaria.
- 6) Característica contra arco — Si tiene suficiente calidad contra arco las líneas de contacto (se incluye el cable portador).

(2) Herrajes metálicos

- 1) Estructura — Si tienen la estructura más sencilla que pueda, la cual no causará aflojamiento, cortadura de alambre, etc. Si están estructurados para tener un espacio para el paso del pantógrafo.

- 2) Resistencia mecánica — Si se tiene en cuenta la resistencia mecánica contra vibración causada por el paso de pantógrafo y contra la tensión mecánica.
 - 3) La vida — Si tienen una vida en armonía con otros órganos de las catenarias.
 - 4) Capacidad de corriente — Si tienen la capacidad de corriente requerida con menor resistencia de contacto.
- (3) Postes y soportes
- 1) Medidas anticorrosivas — Si se toman medidas preventivas contra corrosión para facilitar la duración prolongada del sistema.
 - 2) Estructura — Si tiene resistencia y función satisfactoria como sistema.
- (4) Los equipos
- (4-1) Equipo tensor
- 1) Calidad — Es fácil de adaptarse a extensión y contracción de la catenaria el mecanismo gritario del equipo tensor? Es suficiente el alcance de arreglo del equipo?
 - 2) Duración — Es suficiente la durabilidad de la rueda que sufre flexión repetida y se gasta por movimiento.
- (4-2) Línea de contacto cruzado a calidad — Tiene una estructura adecuada al paso de pantógrafo con alta velocidad?
- (5) Aisladores
- 1) Calidad de aislamiento — Si tienen rigidez dieléctrica y distancia de escape suficiente a la tensión dada.
 - 2) Resistencia mecánica — Si tiene resistencia mecánica suficiente contra una carga de tensión, y carga de flexión.
 - 3) Coordinación de aislamiento — Si el aislamiento se coordina entre los equipos.
 - 4) Estructura — Tiene una estructura adecuada al paso de pantógrafo?

Se han señalado unos puntos de verificación. Sin embargo, por ser la instalación del sistema si reserva la catenaria, una avería de cualquier parte de la línea pudiera llevarse a un accidente. Por consiguiente, es necesario evaluarlo detenidamente y con detalle.

4-3-3 Evaluación sobre los herrajes de catenaria

Al evaluar la catenaria es importante poner énfasis a los herrajes, desde el punto de vista de mantenimiento. Esto no está aclarado en el documento de licitación. La clasificación de los herrajes se muestra lo siguiente.

- (1) Herrajes empleados en el paso de la corriente de alimentación.
- (2) Herrajes usados alrededor del hilo de contacto.
- (3) Herrajes sufridos en alta tensión.
- (4) Otros importantes.

Enumerando los artículos de evaluación sobre cada herraje, se muestra en la tabla adjunta. Demostramos los artículos más importantes subrayados, solo por los cuales se puede evaluar todos los herrajes de catenaria.

Sin embargo, es peligroso evaluar solo herraje individual y es necesario si el herraje está en armonía con el sistema de catenaria, es decir:

- (1) Catenaria se compone de cables, herrajes, etc. entonces los herrajes deben estar en armonía con otros órganos en vida y en característica. Por ejemplo, cable suave no armoniza con herraje duro.
- (2) En el lugar que se conecta metales diferentes, necesita medidas.
- (3) Otros aspectos

Para evaluar catenaria, se necesita evaluar la característica de vibración, de colector de la corriente y las medidas contra corriente de circulación sobre los cuales nosotros presentamos anteriormente en nuestro informe y es por eso que aquí los omitimos.

Tabla II-4-5 Tabla de artículos para evaluar el herraje de la catenaria

| Clasificación | Objetos concretos | |
|------------------------------------|---|---|
| Herraje en el paso de la corriente | <ul style="list-style-type: none"> - Tubo de conexión de tipo compresión - Grapa de conexión | Material: Carga máxima de tracción, límite de error de fabricación Material: Resistencia de contacto |
| Herraje alrededor de hilo contacto | <ul style="list-style-type: none"> - Brazo de rapel - Péndulo - Grapa de conexión | Material (Vida): Fuerza de coger (Contra vibración, contra deslizamiento) Grado de precisión de fabricación, mecanismo (Contra medidas, contra ir a debilitarse), Grado de libertad para el movimiento (expansión y contracción por cambio de temperatura, movimiento arriba por el paso de pantógrafo) de hilo contacto |
| Herraje sufrido en alta tensión | <ul style="list-style-type: none"> - Herraje de anclaje - Tubo de conexión - Herraje de conexión | Material: Configuración (Margen para conexión) Carga de tensión coeficiente de seguridad |
| Seccionador | <ul style="list-style-type: none"> - Hecho de resina sintética - Hecho de aisladores | Carga máxima de tensión, resistencia de aislación, Tensión máxima aplicada, corriente de fuga (hecho de resina sintética) |
| Mensula móvil | | Carga máxima, facilidad de arreglo de altura y desviación |