

MERCADOS
ENERGÉTICOS 
CONSULTORES

**Estudio Integral de Tarifas Eléctricas
para México**

Tarea 1.2.5 – Informe N°15

**Información requerida para la
determinación del VRN adaptado de
los Sistemas Eléctricos
Representativos (SER) de
Distribución de CFE**

Preparado para:



INFORMACIÓN REQUERIDA PARA LA DETERMINACIÓN DEL VRN ADAPTADO DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS REPRESENTATIVOS (SER) DE DISTRIBUCIÓN

CONTENIDO

RESÚMEN EJECUTIVO	3
1. INTRODUCCIÓN	4
2. OBJETIVO DE LA INFORMACIÓN REQUERIDA	4
3. INFORMACIÓN REQUERIDA POR NIVEL DE TENSIÓN	5
3.1. <i>Transformadores AT/MT</i>	6
3.2. <i>Red de MT</i>	7
3.3. <i>Transformadores MT/BT y Red BT asociada</i>	9
4. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LAS INSTALACIONES Y LA DEMANDA	11
5. COSTOS UNITARIOS DE LAS UNIDADES CONSTRUCTIVAS	11
5.1. <i>Criterios generales para la definición de las unidades constructivas</i>	11
5.2. <i>Componentes de los costos de inversión</i>	12
5.3. <i>Sobrecostos de inversión debido a variables exógenas</i>	13
5.4. <i>Análisis de los costos unitarios</i>	14

GLOSARIO

CFE: Comisión Federal de Electricidad

LyFC: Luz y Fuerza del Centro

CRE: Comisión Reguladora de la Energía

SENER: Secretaria de Energía

TDR: Términos de referencia

CMLP: Costo marginal de largo plazo

VRN: Valor de Reposición a Nuevo

AT: Alta tensión

MT: Media tensión

BT: Baja tensión

AP: Alumbrado Público

SER: Sistemas Eléctricos Representativos

Transformador AT/MT: Transformador reductor de Alta tensión a Media tensión

Transformador MT/BT: Transformador reductor de Media tensión a Baja tensión

EETT AT/MT: Estaciones Transformadoras de Alta a Media tensión

INFORMACIÓN REQUERIDA PARA LA DETERMINACIÓN DEL VRN ADAPTADO DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS REPRESENTATIVOS (SER) DE DISTRIBUCIÓN

RESÚMEN EJECUTIVO

El presente informe corresponde a la Tarea 1.2.5 “Integración de la información para el cálculo del Valor de Reposición a Nuevo (VRN) de los activos de distribución” dentro de la cual se requiere identificar la información requerida para la determinación del VRN de los SER para el sistema de distribución en MT y BT.

Esta solicitud se ajusta a la metodología que se desarrollará para la determinación de los costos marginales de largo plazo (CMLP) de distribución para los niveles de BT y MT, la cual se detalla en el Informe N°22 del estudio tarifario y corresponde a la Tarea 1.3.3. del plan del proyecto.

La información de detalle solicitada comprende información de las siguientes instalaciones:

- Estaciones transformadoras AT/MT
 - Identificación de las estaciones transformadoras AT/MT
 - Capacidad instalada y demanda máxima
 - Cantidad de alimentadores conectados
- Red de MT
 - Identificación de los alimentadores MT
 - Mercado abastecido
 - Instalaciones asociadas
- Transformadores MT/BT y Red BT asociada
 - Identificación de los transformadores MT/BT
 - Instalaciones de la red de BT asociada a los transformadores
- Evolución histórica (15años) de las instalaciones por tipo
- Costos unitarios de las unidades constructivas
- Factores de incremento de costos por efecto de variables exógenas¹

El análisis y determinación de las instalaciones adaptadas a la demanda se realiza considerando sistemas eléctricos representativos (SER) considerando las características de los niveles de MT y BT. Los SER se determinan de acuerdo a la metodología descrita en el Informe N°14 “Selección de los Sistemas Eléctricos Representativos de distribución”.

¹ Las variables exógenas son aquellas que afectan los costos de inversión de las instalaciones tales como: contaminación, tormentas fuertes, vandalismo, topología complicada, entre otros.

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde a la Tarea 1.2.5 “Integración de la información para el cálculo del Valor de Reposición a Nuevo (VRN) de los activos de distribución” dentro de la cual se requiere identificar la información requerida para la determinación del VRN de los SER para el sistema de distribución en MT y BT.

Dentro del informe se desarrollaron los siguientes puntos:

- Objetivo de la información requerida
- Información requerida por nivel de tensión
 - Transformadores AT/MT
 - Red MT
 - Transformadores MT/BT
 - Red BT
- Costos unitarios de las unidades constructivas
- Evolución histórica de las instalaciones
- Comentarios finales

A continuación se detalla el contenido de cada los puntos mencionados.

2. OBJETIVO DE LA INFORMACIÓN REQUERIDA

La metodología propuesta para la determinación de los costos marginales de largo plazo de distribución, contempla el cálculo del valor de reemplazo a nuevo de las instalaciones del sistema de distribución adaptadas a la demanda del año base.

El análisis y determinación de las instalaciones adaptadas a la demanda se realiza considerando sistemas eléctricos representativos (SER) considerando las características de los niveles de MT y BT. Los SER se determinan de acuerdo a la metodología descrita en el Informe N°14 “Selección de los Sistemas Eléctricos Representativos de distribución”.

Esta metodología consiste en el análisis de conglomerados o clusters de las 120 zonas de distribución de CFE, las cuales se agrupan formando grupos homogéneos sobre la base de variables observadas analizando en una primera aproximación por separado los niveles de Media Tensión (MT) y Baja Tensión (BT), y luego, determinando la existencia de correlación entre indicadores de MT y BT, definir aquellos que se aplicarán para el análisis de clusters. Estas variables o indicadores se calculan en base a la información remitida por la CFE y se incluyen en el análisis previa verificación de su estructura de correlación.

El análisis de cluster permitirá seleccionar una propuesta de SER que considere las características de los niveles de MT y BT para cada uno de los grupos homogéneos para los cuales se solicitará información de detalle (objeto de este documento) que describa las características de cada zona, y posteriormente se optimizará separadamente la red MT y el conjunto transformadores MT/BT y red BT asociada.

Como resultado se obtendrán las instalaciones de MT y BT con sus equipos asociados adaptadas a la demanda para cada uno de los SER, que cumplan con las normas de calidad

de servicio, las cuales se expandirán a nivel de división o región tarifaria, considerando la consistencia de los indicadores con los cuales se agruparon las distintas zonas.

Adjunto al documento se presentan las tablas de llenado de la información de detalle solicitada.

Las instalaciones óptimas a utilizar serán definidas considerando la mejor tecnología disponible al momento del estudio, desde el punto de vista técnico y económico, para el conjunto poste, conductor y aislador en el caso de líneas de MT y BT, e instalaciones aéreas, compactas y convencionales para el caso de los transformadores MT/BT.

Las distintas alternativas tecnológicas analizadas conducirán a la elección de un tipo constructivo para las distintas etapas de la red de distribución, sobre la base de elegir la opción más económica que cumple integralmente los requisitos técnicos.

3. INFORMACIÓN REQUERIDA POR NIVEL DE TENSIÓN

En función de lo antedicho, en este capítulo se presenta el requerimiento de información para la determinación de las instalaciones adaptadas a la demanda. Adicionalmente se adjuntan las tablas para su llenado.

Esta información se solicita para las siguientes zonas que han sido seleccionadas como SER de MT y BT resultantes del estudio de clusters, los cuales se resumen en la siguiente tabla:

Identificación	SER (Zona)	División
Cluster #1	Durango	Norte
Cluster #2	Poza Rica	Oriente
Cluster #3	Sabinas	Golfo Norte
Cluster #4	Tuxtla	Sureste
Cluster #5	Navojoa	Noroeste
Cluster #6	Tepic	Jalisco
Cluster #7	Culiacán	Noroeste
Cluster #8	Ensenada	Baja California
Cluster #9	Puebla Oriente	Centro Oriente
Cluster #10	Victoria	Golfo Centro
Cluster #11	Guadalajara	Jalisco

Adicionalmente, se solicita la información de las zonas atípicas, la cual se analizará y determinará si se estudiarán en forma independiente o existe la posibilidad de que sean explicadas por alguno de los clusters o realizar algún tipo de agrupamiento entre las atípicas. Las mismas comprenden:

Identificación	SER (Zona)	División
----------------	------------	----------

Atípica #1	Casas Grandes	Norte
Atípica #2	Nuevo Laredo	Golfo Norte
Atípica #3	San Martín	Centro Oriente
Atípica #4	Cd. del Carmen	Peninsular
Atípica #5	Mexicali	Baja California
Atípica #6	Metropolitana Oriente	Golfo Norte
Atípica #7	Metropolitana Poniente	Golfo Norte
Atípica #8	Monclova	Golfo Norte
Atípica #9	Manzanillo	Centro Occidente
Atípica #10	Acapulco	Centro Sur
Atípica #11	Nogales	Noroeste
Atípica #11	Zihuatanejo	Centro Sur

3.1. Transformadores AT/MT

Como parte del VRN de distribución se incluirán las instalaciones correspondientes a las estaciones transformadores de AT/MT, las cuales vinculan el sistema de subtransmisión con el de distribución en MT.

Las estaciones transformadoras AT/MT se valorizarán considerando sus características principales como configuración, tecnología y capacidad instalada. En este punto cabe aclarar que en el caso que las estaciones transformadores se utilicen para abastecer un usuario de alta tensión, sólo se computará para la etapa de MT a partir del transformador AT/MT, los equipos de protección y maniobra del mismo y el equipamiento y salidas de MT. Las estaciones transformadoras AT/MT utilizadas para abastecer la red de distribución de MT se valorizará en su totalidad y se asignará al nivel de MT.

Datos de las estaciones transformadoras AT/MT

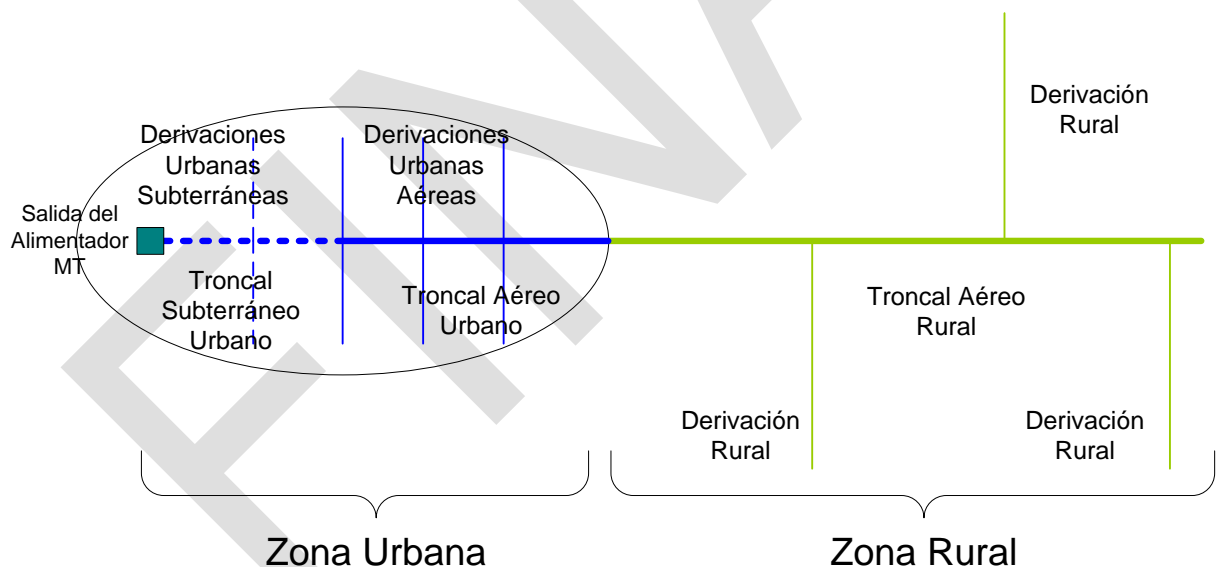
Campo	Descripción
División	División a la que pertenece la estación transformadora AT/MT
Zona	Zona en la que está ubicada la estación transformadora AT/MT
ID EETT AT/MT	Nombre de la estación transformadora, indicándose la capacidad instalada expresada en [MVA].
Tensión primaria / secundaria	Tensiones de transformación primaria y secundaria [kV/kV]
Capacidad instalada	Capacidad total instalada de la estación transformadora en [MVA].
Cantidad de transformadores	Cantidad de transformadores de la subestación
Demanda máxima	Demanda máxima de la estación transformadora [MW]

Energía anual suministrada	Medición de la energía total anual suministrada por la subestación AT/MT [MWh]
Consumos en AT	Cantidad de consumos de AT conectados a la estación transformadora AT/MT
Alimentadores	Cantidad de alimentadores de MT conectados a la estación transformadora
Consumos en AT	Cantidad de consumos de AT conectados a la estación transformadora AT/MT
Bancos de Capacitores	Potencia de los bancos de capacitores de la subestación [kVAr]

3.2. Red de MT

Como se mencionó anteriormente, para la optimización de las instalaciones de MT, se utilizará un modelo mediante el cual se determina la sección óptima de troncal y derivaciones para un circuito de MT y sus equipos de protección y maniobra asociados, a partir de la información de la topología y distribución de la demanda, las características urbano/rural y subterráneo/aéreo y la demanda máxima asociada.

El esquema simplificado que representa el alimentador se muestra en la siguiente figura:



La información requerida que se describe a continuación, se complementa con una tabla para su llenado, la cual contiene los siguientes campos:

Datos de identificación del alimentador

Campo	Descripción
División	División a la que pertenece la zona seleccionada como SER
Zona	Zona seleccionada como SER
EETT AT/MT – Capacidad instalada	Nombre de la estación transformadora a la cual está conectado el alimentador de MT, indicándose la capacidad instalada expresada en [MVA].

Alimentador MT	Nombre del alimentador de MT
Tensión	Tensión de salida del alimentador MT expresada en [kV]

Datos del mercado abastecido

Campo	Descripción
Clientes MT	Número de clientes de MT asociados al alimentador MT
Clientes BT	Número de clientes de BT asociados al alimentador MT
Energía total	Energía total anual suministrada por el alimentador a usuarios finales (Energía MT + Energía BT) expresada en [MWh]
Energía MT	Energía total anual suministrada por el alimentador a usuarios finales conectados en MT expresada en [MWh]
Energía BT	Energía total anual suministrada por el alimentador a usuarios finales conectados en BT expresada en [MWh]
Pérdidas de energía	Pérdidas totales de energía del alimentador de MT expresadas en % de la energía a la entrada del alimentador.
Demanda máxima	Demanda máxima anual del alimentador MT expresada en [MW]

Datos de las instalaciones asociadas al alimentador MT

Campo	Descripción
Interruptores / Restauradores	Cantidad de interruptores y restauradores asociados al alimentador MT
Cortacircuito fusible	Cantidad de cortacircuitos fusibles asociados al alimentador MT
Cuchillas seccionadoras	Cantidad de cuchillas seccionadoras asociados al alimentador MT
Transformadores MT/BT	Cantidad de transformadores MT/BT conectados al alimentador MT. Se solicita sólo aquellos que se utilizan para abastecer consumos conectados al nivel de BT
Potencia instalada MT/BT	Potencia total instalada de los transformadores MT/BT conectados al alimentador MT expresada en [MVA]. Se solicita sólo aquellos que se utilizan para abastecer consumos conectados al nivel de BT
Potencia instalada MT	Potencia total asociada a usuarios conectados en MT incluyendo aquellos medidos en BT expresada en [MVA].
Conductor de salida MT	Descripción del conductor de salida del troncal del alimentador MT por ejemplo 3fases/4hilos - ACSR 1/0.
Longitud total	Longitud total del alimentador de MT expresada en [km]
Red compartida	Porcentaje de red de MT que se comparte con BT (por ejemplo, cuando

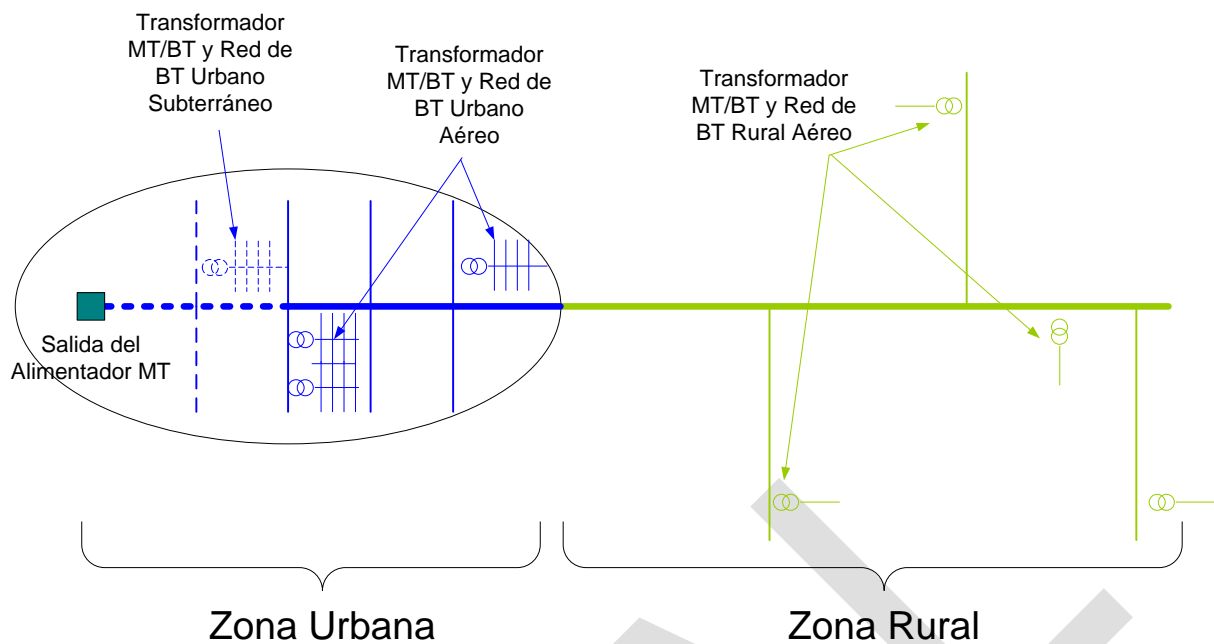
	se comparten las estructuras y postes)
Longitud troncal urbana subterránea	Longitud del troncal del alimentador de MT subterráneo que abastece zonas urbanas expresada en [km]
Longitud troncal urbana aérea	Longitud del troncal del alimentador de MT aéreo que abastece zonas urbanas expresada en [km]
Longitud del troncal rural	Longitud del troncal del alimentador de MT que abastece zonas rurales expresada en [km] (Para las zonas rurales no se considera red subterránea)
Cantidad de derivaciones urbanas subterránea	Cantidad de derivaciones subterráneas del troncal del alimentador de MT que abastece zonas urbanas expresada en [km]
Cantidad de derivaciones urbanas aéreas	Cantidad de derivaciones aéreas del troncal del alimentador de MT que abastece zonas urbanas expresada en [km]
Longitud de derivaciones urbanas subterránea	Longitud de derivaciones subterráneas del troncal del alimentador de MT que abastece zonas urbanas expresada en [km]
Cantidad de derivaciones urbanas aéreas	Longitud de derivaciones aéreas del troncal del alimentador de MT que abastece zonas urbanas expresada en [km]
Cantidad de derivaciones rurales	Cantidad de derivaciones aéreas del troncal del alimentador de MT que abastece zonas rurales expresada en [km]
Longitud de derivaciones rurales	Longitud de derivaciones aéreas del troncal del alimentador de MT que abastece zonas rurales expresada en [km]

3.3. Transformadores MT/BT y Red BT asociada

La optimización de las instalaciones asociadas al nivel de BT, comprenden los transformadores MT/BT y las redes de BT con sus equipos de protección y maniobra asociados.

Esta optimización se realizará analizando en detalle aquellos módulos de transformación MT/BT que expliquen el 90% de la energía que se transmite a la red de BT y su red de BT asociada, a partir de la información que se solicita en la tabla que se adjunta para su llenado.

El esquema de la información solicitada se muestra en la siguiente figura:



La información requerida que se describe a continuación:

Datos de identificación del transformador MT/BT

Campo	Descripción
División	División a la que pertenece la zona seleccionada como SER
Zona	Zona seleccionada como SER
Alimentador MT	Nombre del alimentador de MT
ID Transformador	Identificación del transformador MT/BT
Tipo	Tipo de montaje del transformador MT/BT: Aéreo, Subterráneo, a Nivel
kVA	Potencia nominal del transformador expresada en [kVA]
Ubicación	Identificar si el transformador está ubicado en zona "Urbana" o "Rural"

Datos asociados a la red de BT

Campo	Descripción
Salidas BT	Número de salidas de BT de la red asociada al transformador MT/BT
Usuarios	Cantidad de usuarios o acometidas conectados a la red de BT asociada al transformador MT/BT
Energía	Energía anual vendida a usuarios de BT expresada en [MWh]
Conductor de salida BT	Descripción del conductor de salida de circuito de BT; por ejemplo 2fases/3hilos - ACSR 2
Longitud urbana	Longitud de los circuitos de BT que abastecen zonas urbanas en damero

	expresada en [km]
Longitud rural	Longitud los circuitos de BT que abastecen zonas rurales expresada en [km]
Longitud subterránea	Longitud subterránea del circuito de BT expresada en [km]
Longitud aérea	Longitud aérea del circuito de BT expresada en [km]

4. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LAS INSTALACIONES Y LA DEMANDA

La metodología propuesta para la determinación de los costos marginales de largo plazo de distribución por nivel de tensión, comprende el análisis de la evolución histórica de las instalaciones por nivel de tensión MT y BT y clase de instalación, cuyo detalle metodológico se describe en el Informe N°22.

En función de lo antedicho requerimos información histórica de 15 años de la evolución de las siguientes instalaciones por división/zona:

- Cantidad [número] y capacidad instalada [MVA] de Estaciones transformadoras AT/MT
- Longitud total de la red de MT expresada en [km]
- Cantidad [número] y capacidad instalada [MVA] de transformadores MT/BT
- Longitud total de la red de BT expresada en [km]

Se adjunta una tabla de xls como propuesta para su llenado.

5. COSTOS UNITARIOS DE LAS UNIDADES CONSTRUCTIVAS

Para la elección de la opción tecnológica adaptada a la demanda, se requiere a priori de un costeo de los componentes de instalaciones para iniciar dicho análisis y definición.

Una vez definidas las opciones tecnológicas, se costean los distintos componentes del sistema de distribución, en una gama constructiva apropiada para la definición de las redes adaptadas a la demanda. Se entiende por una gama apropiada, a los tipos de calibre de conductores a considerar para los distintos niveles de tensión, potencias nominales de transformadores y niveles de tensión, tipo y características del equipamiento de protección y maniobra, etc.

5.1. Criterios generales para la definición de las unidades constructivas

Para la determinación de los costos estándar de las instalaciones se considera los siguientes aspectos:

- Normalización de las unidades constructivas
- Análisis de los siguientes componentes:
 - Costo de materiales y equipos
 - Costo de mano de obra

-
- Costo de transporte y equipos
 - Valorización de las unidades constructivas, considerando la cantidad de materiales, recursos (rendimientos, horas hombre y horas máquina), costos indirectos del contratista; y
 - Costos indirectos de la empresa (costos stock, ingeniería del proyecto y recepción, costos generales e interés intercalarios).

Los costos unitarios de inversión del sistema de distribución (componentes, kilómetros de red, etc.) se determinarán para los siguientes conceptos:

- Estaciones transformadoras AT/MT
 - Con barra principal, anillo o transferencia en AT
 - Con barra principal, transferencia o celdas en MT
- Nivel de Media Tensión:
 - Red aérea para MT,
 - Red subterránea para MT; y
 - Equipos de protección y seccionamiento de la red de MT.
- Transformadores MT/BT
 - Transformadores aéreos: Monoposte y Biposte
 - Convencional a nivel y subterránea
 - Compacta pedestal
 - Compacta bóveda; y de seccionamiento.
- Nivel de Baja Tensión:
 - Red aérea de servicio particular
 - Red subterránea de servicio particular
 - Equipos de protección y seccionamiento de la red de MT.

5.2. Componentes de los costos de inversión

En general se pueden considerar que los costos de inversión están conformados por:

5.2.1. COSTOS DIRECTOS

- *Costos de materiales:* corresponde a los componentes de las redes y transformadores MT/BT de distribución como postes, cables y conductores y tipo de transformadores
- *Costo de equipos:* comprende los costos asociados con los equipos necesarios para el transporte y montaje de las instalaciones
- *Costos de mano de obra:* son los costos de las cuadrillas involucradas en el montaje de las instalaciones, las cuales deberían estar asociadas al nivel de salarios y beneficios sociales. En caso que se trate de mano de obra contratada el costo debe incluir el porcentaje del contratista.

-
- *Costo de stock*: El mismo esta compuesto por el costo de almacenamiento (almacenes, seguros, personal, etc.) y el costo del capital inmovilizado en el stock de materiales necesarios para realizar las instalaciones

5.2.2. COSTOS INDIRECTOS

- *Ingeniería y Supervisión*: corresponde a los costos indirectos de desarrollo de la ingeniería de proyectos, supervisión durante la ejecución de obra y recepción de las mismas hasta su puesta en servicio
- *Gastos Generales*: estos costos reconocen los gastos administrativos e impuestos que la distribuidora de energía debe afrontar relacionadas con la ejecución de la obra
- *Intereses Intercalarios*: en general se reconoce un porcentaje que contemple los costos financieros durante el tiempo de ejecución del proyecto.

5.3. Sobrecostos de inversión debido a variables exógenas

El análisis de optimización y adaptación de las instalaciones a la demanda, se desarrollará considerando que las mismas operan en condiciones normales. Por lo tanto, al momento de la valorización de las mismas se considerarán los sobrecostos, si es que existen, que generan las condiciones particulares de cada zona en función de los modificadores planteados, los cuales comprenden:

- Factores sociales – como vandalismo, robo de energía y robo de cables
- Factores climáticos – fuertes vientos, tormentas y nivel cerámico alto
- Factores de contaminación – contaminación industrial, smog y salina
- Factores de vegetación y aves –
- Factores topográficos – terreno montañoso, vialidad complicada

Para este análisis, se requiere la opinión y experiencia del personal de CFE para determinar, si es que existe y se puede llegar a estimar, el porcentaje en promedio que se debe adicionar a los costos de inversión para cada una de las condiciones mencionadas anteriormente, para la red de MT, transformadores MT/BT y red de BT. En caso que el factor no tenga un impacto significativo en los costos colocar una “X”.

Se propone la siguiente tabla a modo de ejemplo para su llenado

Factores exógenos	Red MT	Transf. MT/BT	Red BT
Sociales	15% ²		
Climáticos			
Contaminación			X
Vegetación y aves			
Topográficos			

5.4. Análisis de los costos unitarios

A partir de la información que envíen las empresas, relacionada con esta solicitud, se realizará un análisis de los costos informados para cada uno de los ítems mencionados, de manera de validar el nivel de costo de los componentes de las unidades constructivas, para su posterior utilización en la selección de tecnología adaptada técnica y económicamente, y finalmente valorizar las instalaciones para determinar el valor de reposición a nuevo de distribución.

² El porcentaje se colocó a modo de ejemplo, no debe considerarse como una referencia