

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

**INFLUENCIA DE LOS ARMONICOS
EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION**

ISA

1992



333.914
I-81 in
1992
E-1
Interconexion Electrica S. A.

236
(235-236)

PLAN DE INVESTIGACION SECTORIAL

INFLUENCIA DE LOS ARMONICOS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION

EVALUACION DE LAS MEDICIONES REALIZADAS EN BOGOTA
DOCUMENTO No. ISA- REV. - 0
CALI, MARZO DE 1992

SECTOR ELECTRICO COLOMBIANO

COMITE PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD EN EL SECTOR ELECTRICO

SISTEMA DE CALIDAD

INFLUENCIA DE ARMONICOS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION

- TERCER INFORME DE AVANCE -

SC-D-194

INTERCONEXION ELECTRICA S. A.

GERS LTDA.

Medellín, abril de 1992

INFLUENCIA DE ARMONICOS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION

- TERCER INFORME DE AVANCE -

PRESENTACION

El presente informe corresponde a un resumen del Tercer Informe de Avance elaborado para este estudio. Se presentan los resultados de las mediciones de armónicos registrados dentro del programa de la segunda fase realizado para la ciudad de Santafé de Bogotá.

El informe contiene las referencias que se tuvieron en cuenta para el estudio, las mediciones y valores de referencia, de acuerdo en la Norma IEEE 519, el análisis de las medidas, las conclusiones y recomendaciones de tipo general que se deben adoptar, con el fin de reducir el fenómeno y que se presentan al conectarse cargas especiales que son generadoras de armónicos.

Medellín, abril de 1992

INTERCONEXION

Influencia de

Mediciones

**INTERCONEXION ELECTRICA S.A.
I.S.A**

PLAN DE INVESTIGACION SECTORIAL

**INFLUENCIA DE LOS ARMONICOS EN
SISTEMAS DE DISTRIBUCION**

EVALUACION DE LAS

MEDICIONES REALIZADAS EN BOGOTA

**DOCUMENTO N° ISA REV. 0
CLASE 2, MARZO DE 1992**

Preparado por: GERS Ltda

**Aprobado por: -----
Interconexión Eléctrica S.A**

CALI, MARZO DE 1992

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCION	9
2. EQUIPO UTILIZADO PARA LAS MEDICIONES	9
3. MEDICIONES REALIZADAS	9
4. RESULTADOS OBTENIDOS	9
5. NORMA IEEE-519-1981	10
6. EVALUACION DE RESULTADOS	10
6.1 CONTENIDO DE ARMONICOS EN SEÑALES DE VOLTAJE.	10
6.2 CONTENIDO DE ARMONICOS EN SEÑALES DE CORRIENTE	13
7. CONCLUSIONES	17
7.1 SEÑALES DE VOLTAJE	18
7.2 SEÑALES DE CORRIENTE	19
7.3 MEDICIONES DE PENETRACION DE ARMONICOS	20
7.4 IMPLEMENTACION DE MEDIDAS PARA REDUCCION DEL CONTENIDO DE ARMONICOS	21

INDICE DE TABLAS

TABLA Nº	TITULO
3.1	Listado de puntos de medición
4.1	Porcentajes de distorsión en señales de voltaje.
4.2	Porcentajes de distorsión en señales de corriente.
4.3	Armónicos predominantes en señales de voltaje de las mediciones realizadas en Bogotá.
4.4	Armónicos predominantes en señales de corriente de las mediciones realizadas en Bogotá.
5.1	Límites en la corriente armónica para usuarios de la empresa de energía en el Pcc con otros usuarios.
5.2	Límites en el voltaje armónico para empresas productoras de energía.
6.1	Parámetros de filtro para PLASTILENE.
6.2	Parámetros de filtro para SIDEMUNA.
6.3	Comparación de magnitudes en modelos desarrollados.
6.4	Variación de parámetros con la instalación de filtros sistema de PLASTILENE.
6.5	Variación de parámetros con la instalación de filtros sistema de SIDEMUNA.
7.1	Evaluación de distorsiones totales en voltaje.
7.2	Relaciones de I_{cc} en I_n .
7.3	Penetración de armónicos circuito CONALVIDRIOS 34.5 kV.
7.4	Penetración de armónicos circuito HILANDERIAS 11.4 kV.

INDICE DE FIGURAS

FIGURA Nº	TITULO
6.1	Modelo de computador Subestación Bosanova.
6.2	Modelo de computador Subestación del Muña.

1. INTRODUCCION

En este documento se presentan los análisis correspondientes a las mediciones de armónicos llevadas a cabo entre el 09 y el 13 de Diciembre de 1991 en circuitos del sistema de la Empresa de Energía de Bogotá EEB. Las fases preliminares a este informe corresponden a una prueba piloto desarrollada en Cali en Noviembre de 1991 y a mediciones realizadas en Medellín en Diciembre del mismo año.

2. EQUIPO UTILIZADO PARA LAS MEDICIONES

Se empleó un analizador digital que registra componentes armónicos hasta el Nº 50 (3000 Hz). Presenta siete (7) canales de entrada: 3 para voltajes, 3 para corrientes y un canal de proposito general. El equipo se interconecta a un microcomputador que facilita el manejo y almacenamiento de la información.

3. MEDICIONES REALIZADAS

Las mediciones de armónicos se efectuaron en nueve puntos del sistema de EEB.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba piloto y la segunda fase de este estudio, los usuarios comerciales y residenciales presentan niveles de distorsión armónica considerablemente bajos. Los niveles mas elevados fueron encontrados en usuarios industriales medianos y grandes, alimentados a diferentes niveles de tensión.

El conjunto de registros obtenidos para cada punto es analizado para establecer el rango de variación, el valor promedio y los valores máximos de las distorsiones armónicas de voltajes y corrientes en el intervalo considerado. Para efectos de evaluación de resultados frente a la norma, se utilizan los valores máximos registrados siempre que se tenga condición de carga nominal en la planta considerada. De otra forma se toman las distorsiones registradas a la condición nominal de carga, procurando estar próximos al valor promedio encontrado.

La Tabla Nº 3.1 presenta la lista de los puntos de medición seleccionados.

4. RESULTADOS OBTENIDOS

La Tabla Nº 4.1 presenta los porcentajes de distorsión total (THD) máxima para las señales de voltaje en las tres (3)

fases de los puntos de medición. También se presenta el armónico predominante en cada fase y su magnitud expresada en porcentaje sobre la magnitud de la componente fundamental. La Tabla Nº 4.2 presenta la misma información para las señales de corriente.

Las Tablas 4.3 y 4.4 presentan las magnitudes y porcentajes de distorsión para los tres armónicos predominantes en la fase más distorsionada en las señales de voltaje y corriente para cada punto de medición.

5. NORMA IEEE-519-1981

La magnitud de armónicos admisible en un sistema se encuentra establecida por la norma IEEE Standard 519-1981, "IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Power Systems". Dicha norma establece los límites admisibles tanto en voltaje como en corriente para el intercambio de potencia entre la compañía de servicio público y un sistema industrial, en el PUNTO DE CONEXION DEL USUARIO A LA RED - (POINT OF COMMON COUPLING).

Las Tablas 5.1 y 5.2 presentan los límites de distorsión de corriente en el Punto de Conexión con la compañía de servicio público y los límites de distorsión de voltaje para sistemas eléctricos de alto voltaje. Las tablas hacen parte de la norma IEEE Standard 519-1981.

6. EVALUACION DE RESULTADOS

6.1 CONTENIDO DE ARMONICOS EN SEÑALES DE VOLTAJE.

6.1.1 Usuarios industriales a 115 kV (PAVCO 115).

- El THD promedio es de 1.37% con una desviación estandar de 0.089.
- El 83.3% de los registros esta por debajo de 1.5% y el 16.67% es mayor que 1.5 y menor que el 2.0%.
- El mayor valor de distorsión total es de 1.5, 1.5 y 1.5% , para las señales de voltaje Vab, Vbc y Vca respectivamente.
- El armónico predominante fué el 5º con una distorsión individual del 1.39, 1.37 y 1.30% en las tres fases.
- El THD está dentro de los límites permitidos por la norma.

6.1.2 Usuarios industriales a 34.5 Kv.

Muestras de usuarios industriales a 34.5 kV fueron realizadas en los circuitos Icollantas y Conalvidrios que se alimentan de la Subestación Muña y de la subestación Bosanova respectivamente. Adicionalmente, para Conalvidrios, se realizaron mediciones en el barraje de 34.5 KV de la planta, con el fin de analizar los efectos de la penetración de los armónicos dentro del sistema de potencia.

6.1.2.1 Icollantas.

- El THD promedio es de 0.89% con una desviación estandar de 0.085.
- El 72.34% de los registros esta por debajo de 1.0% y el 27.66% es mayor que 1.0 y menor que el 1.5%.
- La distorsión total máxima es de 0.9, 1.0 y 1.0% en las señales de voltaje Vab, Vbc y Vca respectivamente.
- El armónico predominante de voltaje durante la medición del circuito Icollantas fué el 5º con una magnitud de 0.64, 0.73 y 0.73% en las tres fases.

6.1.2.2 Conalvidrios.

- El THD promedio es de 1.45% en la Planta y de 1.36% en la subestación. Las desviaciones estandar son 0.102 para la Planta y 0.082 en la subestación.
- El 46.81% de los registros registrados en la planta estan por debajo de 1.5% y el 53.19% es mayor que 1.5 y menor que el 2%.
- A la salida del circuito en la subestación, el 89.36% de los registros esta por debajo de 1.5% y el 10.64% es mayor que 1.5 y menor que el 2%.
- La distorsión total máxima en la planta es de 1.5%. En la subestación Bosanova a la salida del circuito Conalvidrios la distorsión total máxima es de 1.4%.
- El armónico predominante de voltaje en la Planta de Conalvidrios fué el 5º con una magnitud máxima de 1.34%. En la subestación Bosanova en la salida de este circuito, el armónico predominante fué el 5º con una magnitud máxima de 1.25%.

6.1.3 Usuarios industriales a 11.4 Kv.

Las mediciones en usuarios industriales a 11.4 kV fueron realizadas en los circuitos Plastilene y Ferrotec que se alimentan de la Subestación Bosanova. Adicionalmente, para Plastilene, se realizaron mediciones en el barraje 34.5 KV de la planta, con el fin de analizar los efectos de la penetración de los armónicos dentro del sistema de potencia.

6.2.3.1 Ferrotec.

- El THD promedio es de 12.97% con una desviación estandar de 0.103.
- El 33.33% de los registros esta por debajo de 13.0% y el 66.67% es mayor que 13.0 y menor que el 13.5%.
- Se tiene una distorsión total máxima de 13.76%.
- El armónico predominante de voltaje fué el 3º con una magnitud de 12.97, 13.76 y 13.59% en las tres fases. Tales cifras son violatorias de la norma que establece un valor máximo de 3.0% para un armónico individual.

6.1.3.2 Plastilene.

- El THD promedio es de 2.22% en la Planta y de 1.27% en la subestación. Las desviaciones estandar son 0.301 en la Planta y 0.056 en la subestación.
- En la Planta y con la operación normal de los condensadores, se tiene que el 74.42% de los registros esta por debajo de 2.5% y el 25.58% es mayor que 2.5 y menor que el 3.0%.
- Sin la operación de los condensadores sólo el 2.38% de los registros esta por debajo de 2.5% y el 97.62% es mayor que 2.5 y menor que el 3%.
- En la salida del circuito de la subestación (Circuito Hilanderías), el 100% de los registros esta por debajo de 1.5%.
- La distorsión total máxima en la Planta no excede el 2.65%.
- En la subestación Bosanova a la salida del circuito Hilanderías la distorsión total máxima es de 1.4%.

- El armónico predominante de voltaje en la Planta de Plastilene fué el 5º con una magnitud máxima de 2.65%.
- El armónico predominante en la subestación Bosanova a la salida del circuito Hilanderías fué el 5º con una magnitud máxima de 1.29%.

6.1.4 Industria Siderúrgica (Siderúrgica del Muña).

- Se tiene un THD promedio de 1.03% y una desviación estandar de 0.247.
- El 93.75% de los registros esta por debajo de 1.5% y el 6.25% es mayor que 1.5 y menor que el 2.5%.
- En las señales registradas se tiene una distorsión máxima de 1.2, 1.3 y 1.1% en las señales de voltaje Vab, Vbc y Vca respectivamente.
- El armónico predominante de voltaje fué el 5º para las señales de voltaje Vab y Vca con una magnitud de 0.80 y 0.83% y en la señal Vbc fue el 3º con una magnitud de 0.76%.

6.2 CONTENIDO DE ARMONICOS EN SEÑALES DE CORRIENTE

Para evaluar el contenido admisible de armónicos en la señal de corriente de un usuario se requiere encontrar el cociente entre la corriente de cortocircuito en el PCC y la corriente de carga total del usuario, para ser comparados con los valores de la norma que se muestran en la Tabla Nº 5.1.

6.2.1 Usuarios industriales a 115 kV. (Pavco 115 KV)

- Se tiene un THD promedio de 4.45% y una desviación estandar de 0.50.
- El 47.23% de los registros esta por debajo de 4.5% y el 52.77% es mayor que 4.5 y menor que el 5.5%.
- La distorsión máxima de corriente en PAVCO fué de 5.3% y 4.6% en las fases a y c.
- Se observa que el THD no sobrepasa el límite establecido por la norma (5.3% Vs. 15% de la norma).

6.2.2 Usuarios industriales a 34.5 kV.

6.2.2.1 Icollantas.

- Se tiene un THD promedio de 1.89% y una desviación estandar de 0.208.
- El 68.09% de los registros esta por debajo de 2.0% y el 31.91% es mayor que 2.0 y menor que el 2.5%.
- Se tiene una distorsión total máxima de 2.4, 2.3 y 2.0% para las tres fases respectivamente.
- El armónico predominante de corriente fué el 11^o con una magnitud de 1.34% en las fase a y el 13^o con una magnitud de 1.84 y 1.15% en las fases b y c respectivamente.

6.2.2.2 Conalvidrios.

- El THD promedio es de 1.09% en la Planta y de 1.89% en la subestación. Las desviaciones estandar son 0.152 para la Planta y 0.120 en la subestación.
- En la Planta el 14.89% de los registros esta por debajo de 1.0% y el 85.11% es mayor que 1.0 y menor que el 2%.
- A la salida del circuito en la subestación, el 72.34% de los registros esta por debajo de 2.0% y el 27.66% es mayor que 2.0 y menor que el 2.5%.
- En la Planta de Conalvidrios se tiene una distorsión total máxima de 1.5 y 1.8% en las fases a y c respectivamente.
- En la subestación Bosanova a la salida del circuito Conalvidrios se tiene una distorsión total máxima de 2.1, 1.8 y 1.6% en las tres fases respectivamente.
- El armónico predominante de corriente en la Planta fué el 7^o con una magnitud de 1.06 y 1.57% en las fases a y c respectivamente.
- En la subestación Bosanova en la salida de este circuito, el armónico predominante fué el 5^o con una magnitud de 1.76, 1.35 y 1.34% en las tres fases.

6.2.3 Usuarios industriales a 11.4 kV.

6.2.3.1 Ferrotec

- El THD promedio es de 1.63% con una desviación estandar de 0.103.
- El 100% de los registros esta por debajo del 2.0%.
- La distorsión total máxima de 1.6, 1.8 y 15% en las tres fases respectivamente.
- El armónico predominante fué el 7º con una magnitud de 1.25, 1.30 y 1.15% en las tres fases.

6.2.3.2 Plastilene.

- El THD promedio es de 24.25% en la Planta y de 2.98% en la subestación. Las desviaciones estandar son 2.439 en la Planta y 0.160 en la subestación.
- En la Planta con la operación normal de los condensadores, el 60.0% de los registros esta por debajo de 25.0% y el 40.0% es mayor que 25.0 y menor que el 30.0%.
- En la Planta sin la operación de los condensadores, el 26.19% de los registros esta por debajo de 12.0% y el 73.81% es mayor que 12.0 y menor que el 14%.
- A la salida del circuito de la subestación el 44.68% de los registros esta por debajo de 3.0% y el 55.32% es mayor que el 3.0% y menor que el 3.5%.
- El THD máximo con la operación normal de los condensadores es de 30.2%.
- El THD máximo sin la operación de los condensadores es de 14.0%
- El THD máximo en la subestación Bosanova a la salida del circuito Hilanderias que alimenta la Planta de Plastilene es de 3.3%.
- El armónico predominante de corriente durante las mediciones fué el 5º con magnitudes de 29.11% con la operación de condensadores, 12.95% sin la operación de los condensadores y de 3.0% en el circuito Hilanderias.

6.2.4 Industria siderúrgica (Siderúrgica del Muña).

- El THD promedio es de 13.24% con una desviación estandar de 15.281.
- El 93.74% de los registros esta por debajo del 25.0% y el 6.24% es mayor que 25.0 y menor que el 95%. El 56.25% de los registros presento un THD entre 5 y 10%.
- En las señales registradas se tiene una distorsión total máxima de 11.9, 45.6 y 20% en las tres fases respectivamente.
- El armónico predominante de corriente fué variable entre los armónicos 3° y 5°. Otros armónicos de importancia fueron el 4° y el 2°. La mayor parte del tiempo sin embargo, el armónico predominante fué el 5°, con magnitudes entre 2-4 y 9%.

6.3 ANALISIS DE MEDIDAS PARA LA REDUCCION DE ARMONICOS.

La magnitud de los efectos producidos por armónicos de voltaje o corriente en sistemas de distribución depende de la topología del sistema, de los capacitores y reactores utilizados para compensación de reactivos y del nivel de cortocircuito en el punto de conexión con el sistema de generación.

Los efectos de los armónicos pueden eliminarse reduciendo la magnitud de las corrientes o voltajes armónicos que se producen en el sistema. La reducción puede hacerse mediante la instalación de filtros o mediante conexión de la carga a un nivel de tensión para el cual el efecto de los armónicos sea menos considerable.

6.3.1 Instalación de Filtros

El objetivo de un filtro de armónicos es proporcionar una trayectoria a tierra de baja impedancia para los armónicos de voltaje o corriente, con el fin de facilitar su circulación a tierra y prevenir su propagación en el resto del sistema.

Con el fin de ilustrar la reducción del contenido de armónicos mediante filtros, se presentan los resultados obtenidos en los sistemas de PLASTILENE y SIDEMUNA (Usuarios Industriales a 115 Y 11.4 kV) con la implementación de esta medida.

Dado que el armónico predominante de corriente en PLASTILENE

es el 50 se diseñó un filtro sintonizado a esa frecuencia. Para SIDEMUNA, se diseñó un filtro compuesto por dos ramas sintonizadas al 30 y 50 armónico. Las Tablas 6.1 y 6.2 presentan los parámetros de los filtros diseñados.

Los efectos de la instalación de filtros en cada sistema son evaluados mediante un programa de análisis de armónicos. Las Figuras 6.1 y 6.2 muestran los modelos de computador desarrollados para el análisis de cada una de las plantas. En la Tabla 6.3 se presenta la evaluación de los resultados del modelo.

La Tabla No 6.4 presenta la variación de los parámetros del sistema de PLASTILENE con la instalación de filtro diseñado, el cual utiliza un capacitor de 50 KVAR. Se observa que la distorsión total de corriente se reduce de 28.28 a 6.53%.

La Tabla No 6.5 presenta las variaciones en el sistema de SIDEMUNA con la instalación del filtro diseñado, el cual utiliza un capacitor de 1 MVAR para cada rama del mismo. Se observa que la distorsión total de corriente se reduce de 46.36 a 16.26%.

6.3.2 Cambio de nivel de voltaje de alimentación.

El nivel de distorsión admitido por la norma IEEE 519 para la corriente, depende de la relación I_{cc}/I_n del punto de conexión del usuario.

Al cambiar de nivel de tensión a uno mayor, los niveles de cortocircuito aumentan en relación a la corriente de carga. Por tanto, la relación I_{cc}/I_n aumenta, permitiéndose un THD mayor en la corriente de acuerdo con la Tabla No 5.1.

Se realizó el análisis del cambio de alimentación de la Planta de Plastilene de 11.4 kV a 34.5 kV, encontrándose que la conexión a 34.5 kV no sería una medida suficiente para llevar el THD a valores admisibles por la norma debido al elevado nivel de distorsión.

7. CONCLUSIONES

Este documento presenta los resultados de las mediciones y la evaluación de los niveles de distorsión y el contenido de armónicos, en las señales de voltaje y corriente de los puntos seleccionados por EEB, ISA y GERS LTDA para la fase del estudio de influencia de Armónicos en Sistemas de Distribución que se realizó en Santa Fé de Bogotá.

Inicialmente se programaron cinco puntos de medición para obtener muestras sobre diferentes tipos de usuarios. Finalmente se registraron nueve puntos, los cuales correspondían a usuarios industriales diversos conectados a 115, 34.5 y 11.4 kV.

Los valores de distorsión suministrados por el registrador, fueron comparados con los límites establecidos por la norma IEEE Standard 519 - 1981 sobre limitación de armónicos en sistemas de potencia. Dicha norma establece límites tanto en voltajes como en corrientes.

Se seleccionaron dos plantas industriales que presentan elevado contenido de armónicos para ilustrar la implementación de medidas correctivas. Las medidas consideradas son: la instalación de filtros para reducir amplitudes de armónicos y la conexión de usuarios a otro nivel de tensión para amortiguar el efecto de los armónicos sobre el sistema de distribución.

El efecto sobre el sistema de las medidas correctivas propuestas, fue analizado mediante un programa de armónicos y creando modelos apropiados para cada usuario particular. El software utilizado permitió anticipar los niveles de distorsión y las formas de onda en el sistema, luego de implementar las medidas.

Con base en la evaluación de los registros se han obtenido las siguientes conclusiones.

7.1 SEÑALES DE VOLTAJE

Los niveles de distorsión total en los usuarios industriales seleccionados, presentan los siguientes rangos de variación:

- Usuarios a 115 kV: Entre 1.03 y 1.37% para el THD promedio. Entre 1.3 y 1.5% para el THD máximo.
- Usuarios a 34.5 kV: Entre 0.89 y 1.36% para el THD promedio. Entre 1.00 y 1.4% para el THD máximo.
- Usuarios a 11.4 kV: Entre 1.27 y 2.63% para el THD promedio. Entre 1.4 y 2.80% para el THD máximo.

La norma IEEE Standard 519-1981 establece un límite de 2.5% para el THD en voltajes a 115 kV y 5% para 34.5 y 11.4 kV. Por lo tanto, en los puntos medidos a esos niveles de voltaje no se tienen violaciones a los límites dados por la norma. La Tabla 7.1 presenta los valores medidos y los límites para

cada punto.

De los registros efectuados se puede concluir que el THD de voltajes permaneció relativamente constante durante el período de registro en la mayoría de los usuarios. Los puntos con mayor variación corresponden a la Subestación Muña 115 kV y a PLASTILENE S.A. 11.4 kV.

Las variaciones en Muña 115 kV obedecen a la variación de la carga representada por los hornos de arco en sus diferentes etapas de fundición. La mayor variación del THD en PLASTILENE S.A. ocurre cuando los capacitores para corrección del factor de potencia están en operación. Lo anterior significa que los capacitores están amplificando pequeñas distorsiones de voltaje presentes en la red de 11.4 kV o que los capacitores están generando armónicos de voltaje como consecuencia de variaciones en la carga misma de PLASTILENE S.A..

El armónico predominante en las señales de voltaje en ocho de los nueve puntos medidos fue el 5°. El límite dado por la norma para armónicos individuales es 1.5% en 115 kV y 3.0% en 34.5 y 11.4 kV. No se producen violaciones de la norma puesto que las magnitudes máximas registradas para el 5° armónico fueron 1.39 y 2.65% en 115 y 11.4 kV respectivamente. El 5° armónico es producido principalmente por equipos rectificadores de seis (6) pulsos.

7.2 SEÑALES DE CORRIENTE

El análisis de los niveles de distorsión en las señales de corriente debe realizarse para cada usuario o circuito en forma particular. Esto en razón a que la norma establece el máximo nivel de distorsión admitido con base en la relación I_{cc}/I_n del punto de conexión del usuario o del circuito.

La Tabla Nº 7.2 presenta la comparación de las distorsiones medidas con los valores especificados por la norma. Se producen violaciones a la norma en PLASTILENE S.A. y en SIDEMUNA, con distorsiones promedio de 24.25 y 13.24% respectivamente contra 15 y 12% del límite admisible en cada caso.

El armónico predominante en las señales de corriente es el 5°. Otro armónico de importancia es el 7°. La magnitud del armónico 5° es mayor que el límite admisible en PLASTILENE S.A. (29.11% contra 12% de la norma). Los armónicos individuales en los otros usuarios permanecen dentro del límite.

Un caso especial en cuanto a distorsión de corrientes de carga se presenta en SIDEMUNA. El THD llega a alcanzar instantáneamente valores hasta de 90% cuando el límite es de 12%. La magnitud de los armónicos predominantes es altamente variable, siendo los principales el 3°, el 5° y el 2° (Figura 7.4). La magnitud individual de estos armónicos llega a ser del orden de 42.04% cuando el límite es 10%.

7.3 MEDICIONES DE PENETRACION DE ARMONICOS

Se realizaron mediciones en dos circuitos con el fin de determinar la penetración de armónicos:

- S/E Bosanova Circuito Conalvidrios: Se efectuaron mediciones en CONALVIDRIOS y en la subestación a la salida del circuito.
- S/E Bosanova Circuito Hilanderías: Se efectuaron mediciones en PLASTILENE S.A. y en la subestación a la salida del circuito.

Los resultados obtenidos se presentan en las Tablas N° 7.3 y 7.4 De las tablas se concluye:

- La distorsión de voltaje originada por usuarios con cargas deformantes es propagada desde el usuario al barraje de la subestación. Prueba de ello es la mayor distorsión en el voltaje del usuario que en el voltaje de la subestación.
- La corriente del circuito en la subestación puede tener mayor o menor distorsión que la corriente de carga del usuario particular.

Si la distorsión del circuito en la subestación es mayor, indicaría que existen otros usuarios en el circuito generando corrientes armónicas. Si contrariamente, la distorsión en el usuario es mayor que en la subestación, indicaría que las corrientes armónicas generadas por el usuario problema estarían siendo enviadas a tierra a través de equipos eléctricos de otros usuarios conectados al mismo circuito.

De cualquier forma los armónicos generados en un usuario originan los siguientes efectos indeseables en el sistema:

- Distorsión de voltajes en barras de la Subestación, por efecto de la circulación de corrientes armónicas a través de impedancias de líneas y transformadores del Sistema.

Un voltaje distorsionado en la subestación origina corrientes distorsionadas en usuarios con cargas convencionales.

- Circulación de corrientes armónicas a tierra a través de capacitores para compensación del factor de potencia, en usuarios vecinos al que se encuentra generando los armónicos.

7.4 IMPLEMENTACION DE MEDIDAS PARA REDUCCION DEL CONTENIDO DE ARMONICOS.

Se utilizaron los modelos desarrollados para la S/E Bosanova y la S/E Muña para ilustrar la implementación de medidas tendientes a limitar el contenido de armónicos en las plantas de PLASTILENE S.A. y SEMUNA.

Las medidas analizadas fueron las siguientes: Instalación de Filtros y cambio de nivel de voltaje de alimentación para PLASTILENE S.A.. La efectividad de las medidas planteadas fue evaluada mediante simulaciones empleando un programa de análisis de armónicos.

De los casos analizados se concluye lo siguiente:

- La instalación de filtros constituye un método eficiente para la reducción tanto de distorsión armónica total como de magnitud de armónicos particulares.
- La utilización de filtros proporciona mejores resultados en aquellos puntos donde la generación de armónicos obedece a un patrón fijo y por lo tanto los armónicos excesivos son siempre los mismos, como es el caso de rectificadores y drives. En tales circunstancias los filtros se sintonizan para eliminar los principales armónicos.
- Para cargas especiales como Hornos de Arco presentes en Siderúrgicas, los filtros se sintonizan para eliminar los armónicos mas frecuentes. Dependiendo de la magnitud de la carga de la Siderúrgica, puede resultar demasiado oneroso proporcionar filtros para reducir la distorsión a niveles admisibles por la norma en condiciones de máxima carga.

En siderúrgicas con mas de un horno de arco, se debe coordinar la operación de los hornos con el fin de no hacer coincidir sus períodos de máxima distorsión y así evitar acumular la distorsión en la corriente de carga

total de la siderúrgica.

- El cambio de nivel de voltaje para llevar el contenido de armónicos a valores admisibles por la norma, es un método que no siempre proporciona resultados admisibles. Su efectividad depende del grado de distorsión de la corriente del usuario involucrado. En casos de considerable distorsión, el diseño de filtros es la única medida para reducción y eliminación de armónicos.

ESTADO DE PUNTOS DE MONITORIA

FECHA	HORA	CONDICIONES
08/11/1991	15:55:00	2.1 KVAR - 110 VOLTIO 11.4 VA
10/12/1991	10:40:00	2.1 KVAR - 110 VOLTIO 11.4 VA
10/13/1991	11:10:47	2.1 KVAR - 110 VOLTIO 11.4 VA
12/1/1991	17:13:23	2.1 KVAR - 110 VOLTIO 11.4 VA
11/2/1991	12:52:00	2.1 KVAR - 110 VOLTIO 11.4 VA
11/2/1991	15:04:00	2.1 KVAR - 110 VOLTIO 11.4 VA
12/3/1991	12:42:55	2.1 KVAR - 110 VOLTIO 11.4 VA
13/11/1991	10:14:00	2.1 KVAR - 110 VOLTIO 11.4 VA
13/12/1991	11:11:11	2.1 KVAR - 110 VOLTIO 11.4 VA

El presente documento es el resultado de un estudio de campo realizado en Bogotá, D.C., el día 09 de diciembre de 1991, con el fin de determinar el nivel de armónicos en los sistemas de distribución de energía eléctrica de la ciudad de Bogotá, D.C., en los puntos de medición especificados en el presente documento.

INTERCONEXION ELECTRICA S.A
INFLUENCIA DE ARMONICOS
EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION

DOCUMENTO No ISA
REV. : 0
FECHA : 02.02.15

GERS LTDA
Ingenieros Electricistas Consultores
TABLA No 3.1

EMPRESA : INTERCONEXION ELECTRICA S.A
OBJETO : INFLUENCIA DE ARMONICOS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION
CONTENIDO : LISTADO DE PUNTOS DE MEDICION EN BOGOTA

FECHA	HORA	PUNTO DE MEDICION
09/12/1991	15:56:00	S/E BOSANOVA - CTO PAVCO 115 KV
10/12/1991	10:04:00	S/E BOSANOVA - CTO FERROTEC 11.4 KV
10/12/1991	11:10:47	PLASTILENE 11.4 KV CON CONDENSADORES
10/12/1991	17:13:25	PLASTILENE 11.4 KV SIN CONDENSADORES
11/12/1991	12:52:00	S/E MUÑA - CTO SIDEMUÑA 115 KV
11/12/1991	15:04:00	S/E MUÑA - CTO ICOLLANTAS 34.5 KV
12/12/1991	12:42:33	CONALVIDRIOS 34.5 KV
13/12/1991	10:24:00	S/E BOSANOVA - CTO HILANDERIAS
13/12/1991	11:18:33	S/E BOSANOVA - CTO CONALVIDRIOS

TABLA No. 4.7
NIVELES DE DISTORSION EN SEÑALES DE VOLTAJE

Nº	PUNTO DE MEDICION	FASE a					FASE b					FASE c				
		RMS FUND. (kV)	THD (%)	ARMONICOS PREF.			RMS FUND. (kV)	THD (%)	ARMONICOS PREF.			RMS FUND. (kV)	THD (%)	ARMONICOS PREF.		
				Nº	RMS (Volts)	(%)**			Nº	RMS (Volts)	(%)**			Nº	RMS (Volts)	(%)**
1	ING. MANUELITA	13.4	2.2	5	220.1	1.6	13.3	2.0	5	255.0	1.7	13.7	1.8	5	211.2	1.5
2	S/E BITACO-T2	13.4	1.8	5	220.4	1.6	13.7	1.7	5	197.3	1.4	13.9	1.8	5	217.8	1.8
3	S/E BITACO-T1	13.0	1.6	5	187.8	1.4	13.4	1.5	5	171.6	1.3	13.5	1.6	5	182.2	1.3
*4	S/E BITACO-120V	0.1	1.8	5	1.6	1.5	0.1	1.9	5	1.9	1.5	N/D	N/D	N/	N/D	N/D
*5	PRODESAL	66.8	14.4	3	960.4	14.3	64.8	15.0	3	966.2	14.9	64.9	15.4	3	993.6	15.3
6	QUINTEX	34.8	2.8	5	864.9	2.5	34.7	1.5	7	261.9	0.8	35.1	2.5	7	713.1	2.0
7	FUNDENTE	12.6	3.1	5	336.4	2.7	12.7	3.3	5	375.8	3.0	12.8	2.4	5	281.7	2.2
8	CARTONES AMERICA	32.3	0.8	5	231.2	0.7	32.4	0.8	5	213.6	0.7	32.2	0.8	5	242.8	0.8
9	CEMENTOS DEL VALLE	34.7	1.5	4	290.3	0.8	34.9	1.9	4	427.3	1.2	35.1	1.8	4	475.9	1.4
10	ALUMINO NACIONAL	34.7	1.9	5	606.5	1.7	34.3	2.4	5	828.4	2.4	34.4	2.1	5	681.8	1.9
11	GOOD YEAR	35.0	2.1	5	731.7	2.1	35.0	1.7	5	500.5	1.7	35.0	1.5	5	511.9	1.5
12	BAVARIA	13.7	2.0	5	267.8	1.9	13.8	1.8	5	245.2	1.8	13.8	2.0	5	266.6	1.9
*13	PROPAL	20.1	0.5	5	64.3	0.3	20.3	0.7	5	104.6	0.5	20.4	0.7	5	92.9	0.5
14	FACOMEK	13.7	3.6	5	488.3	3.6	13.8	3.8	5	521.6	3.8	13.8	3.6	5	492.1	3.6
*15	S/E DIESEL I CTO BUENO MADRID	7.4	3.2	5	232.2	3.1	7.4	3.3	5	235.8	3.2	7.5	3.0	5	217.5	2.9
16	COMPAÑIAS	34.7	0.8	5	228.1	0.7	34.8	0.7	5	212.6	0.6	34.7	0.5	5	111.0	0.3
17	CARVAIAI	13.4	0.6	5	59.6	0.4	13.4	0.7	5	70.8	0.5	13.6	0.6	5	65.2	0.5
*18	S/E CHIPICHAPE CTO YUMBO-COBRE	7.9	0.6	5	52.7	0.7	7.9	0.8	5	42.6	0.5	7.6	0.8	5	52.5	0.7
19	COLGATE PALMOLIVE	13.3	1.9	5	244.3	1.6	13.4	1.9	5	243.6	1.8	13.5	1.6	5	212.4	1.6
*20	MAIZENA	19.7	1.9	5	357.4	1.6	19.5	1.8	5	337.2	1.7	19.0	2	5	365.4	1.9
21	PTO MALLARINO-T1	4.1	0.8	5	28.4	0.7	4.2	0.7	5	24.0	0.6	4.2	0.7	5	20.3	0.5
22	PTO MALLARINO-T2	4.1	0.8	5	28.3	0.7	4.2	0.8	5	24.5	0.6	4.2	0.7	5	24.1	0.6
23	TEXTILES EL CEDRO	13.9	5.6	5	747.1	5.4	13.8	5.2	5	694.7	5.0	13.8	5.3	5	715.8	5.2
24	S/E PERERA	13.1	2.6	5	355.6	2.7	13.2	2.3	5	292.6	2.2	13.3	1.8	5	227.7	1.7
25	AGAFANO	20.8	0.8	5	75.6	0.4	21.0	0.8	5	75.5	0.4	21.0	0.8	5	119.7	0.6

NOTA : - * En este punto la medición esta dada en kV Línea - Neutra
 - ** Porcentaje sobre la magnitud de la componente fundamental
 - N/D : Señal no disponible en el bloque de pruebas

Tabla No 4.2
 NIVELES DE DISTORSION EN SERVICIOS DE CORRIENTE

No	PUNTO DE MEDICION	FASE n						FASE h						FASE c					
		RMS FUND. (Amps)	THD (%)	ARMONICO PRED.			RMS FUND. (Amps)	THD (%)	ARMONICO PRED.			RMS FUND. (Amps)	THD (%)	ARMONICO PRED.					
				No	RMS (Amps)	(%) +			No	RMS (Amps)	(%) +			No	RMS (Amps)	(%) +			
1	S/E BITACO - T2	182.3	5.3	5	8.9	4.89	228.3	4.3	5	9.4	4.13	N/D	N/D	N/	N/D	N/D			
2	S/E BITACO - T1	203.8	3.8	5	7.4	3.63	269.2	3	5	7.9	2.92	N/D	N/D	N/	N/D	N/D			
4	PRODESAL	39.4	18.1	5	5.1	12.91	36.8	19.0	5	5.0	13.30	38.7	18.2	5	5.0	12.85			
5	QUINTEX	52.9	2.1	5	0.9	1.64	53.4	1.7	3	0.5	0.88	N/D	N/D	N/	N/D	N/D			
6	FUNDENTE	178.1	9	2	12.5	7.11	N/D	N/D	N/	N/D	N/D	137.4	7.5	3	7.4	5.39			
7	CARTONES AMERICA	63.5	4.5	5	2.8	4.37	N/D	N/D	N/	N/D	N/D	62.3	5.1	5	3.1	5.00			
8	CEMENTOS DEL VALLE	135.0	4.6	3	4.1	3.00	N/D	N/D	N/	N/D	N/D	141.2	5.0	2	4.1	2.92			
9	ALUMINO NACIONAL	73.8	0.2	5	4.0	8.66	N/D	N/D	N/	N/D	N/D	73.1	14.4	3	7.9	10.82			
10	GOOD YEAR	44.9	9.7	5	4.1	9.05	N/D	N/D	N/	N/D	N/D	45.2	7.5	5	3.1	6.81			
11	BAVARIA	42.4	1.9	5	0.5	1.08	N/D	N/D	N/	N/D	N/D	43.9	1.5	5	0.5	1.05			
12	PROPAL	164.7	1.8	7	2.4	1.48	171.7	1.8	7	2.4	1.41	153.0	2.0	7	2.4	1.59			
13	FACOMECC	51.8	31.1	5	15.1	29.09	N/D	N/D	N/	N/D	N/D	53.3	33.6	5	16.2	30.46			
14	S/E DESEL I CTO BUENO MADRID	138.8	8.7	5	11.3	8.15	151.1	8.8	5	11.4	7.55	150.2	9.5	5	13.1	8.74			
15	COMPAÑIES	38.8	4.7	7	1.5	3.80	N/D	N/D	N/	N/D	N/D	37.6	5.2	7	1.6	4.63			
16	CARVAIAI	69.9	2.4	5	1.3	1.80	N/D	N/D	N/	N/D	N/D	73.3	2.1	5	1.1	1.46			
17	S/E CHIPCHAPE CTO YUMBO-COBRE	188.5	5.6	5	10.2	5.42	184.4	5.7	5	10.3	5.56	186.0	6.4	5	11.7	6.29			
18	COLGATE PALMOLIVE	108.0	1.3	5	1.2	1.08	N/D	N/D	N/	N/D	N/D	116.2	1.1	5	0.8	0.69			
19	MAIZENA	23.1	6.5	7	1.1	4.79	23.3	8.2	7	1.0	4.47	24.5	6.8	7	1.2	4.87			
20	PTO MALLARINO - T1	304.8	1.1	7	1.8	0.59	322.5	0.9	7	1.8	0.58	303.6	1.1	7	2.1	0.68			
21	PTO MALLARINO - T2	328.1	1.3	3	3.9	1.20	355.9	1.4	3	3.4	0.93	333.2	1.3	3	2.9	0.88			
22	TEXTILES EL CEDRO	28.6	29.6	7	7.0	24.56	N/D	N/D	N/	N/D	N/D	26.4	31.9	7	7.4	28.02			
23	S/C MCRERA	102.7	2.3	3	2.2	2.14	109.5	1.5	3	1.1	1.03	99.2	1.6	3	1.3	1.28			
24	AGAFANO	60.9	1.7	3	0.8	1.36	63.5	1.3	3	0.8	0.93	60.0	1.5	3	0.7	1.15			

Notas - ** Porcentaje sobre la magnitud de la componente fundamental
 - N/D : Señal no disponible en el bloque de pruebas

USUARIO	VOLTAJE	THD (%)	1er Armonico Predominante	2o Armonico Predominante	3er Armonico Predominante	
INDUSTRIAL 115 kV	* PRODCSAL	15.4	3 9938.0	2 575.9	5 499.7	
INDUSTRIAL 34.5 kV	QUINTEX	2.8	5 864.0	3 318.1	7 170.0	
	CARTONES AMERICA	0.8	5 242.8	3 54.5	7 52.7	
	CEMENTOS DEL VALLE	1.0	5 427.3	6 401.6	4 210.0	
	ALUMINO NACIONAL	2.4	5 828.4	3 83.5	2 56.4	
	GOOD YEAR	2.1	5 731.7	2 77.38	3 51.09	
	* PROPAL	0.7	5 104.6	3 63.9	2 27.7	
	COMPAÑIAS	0.8	5 228.1	2 85.8	3 48.2	
	* MAIFENA	2.0	5 365.4	7 101.8	3 60.0	
	*** PTO MALLARINO T1	0.8	5 28.4	7 12.5	2 10.2	
	*** PTO MALLARINO T2	0.8	5 24.5	7 15.5	3 10.0	
INDUSTRIAL 13.2 kV	* AGAFANO	0.8	5 119.7	5 82.6	7 35.0	
SIDERURGICA 13.2 kV	FUNDENTE	3.3	5 375.8	3 140.5	2 43.06	
INDUSTRIAL 13.2 kV	ING MANJELITA	2.2	5 220.1	3 168.8	7 64.7	
	BAVARIA	2.0	5 266.6	3 20.4	2 14.5	
	S/E BITACO T1	1.8	5 187.8	7 46.59	3 41.44	
	S/E BITACO T2	1.8	5 217.8	7 101.7	3 70.34	
	S/E BITACO 120 V	1.9	5 187.6	3 1.217	7 0.581	
	FACOMEC	3.8	5 521.6	7 88.52	3 49.1	
	* S/E DIESEL I					
	CTO BUENO MADRID	3.3	5 235.8	7 37.36	11 12.38	
	CARVAJAL	0.7	5 70.77	2 31.128	7 20.83	
	* S/E CHIPICHAPE					
	CTO YUMBO COBRE	0.8	5 52.89	3 32.03	2 10.06	
	CONGATE PALMAY IVF	1.0	5 243.6	7 40.37	3 36.48	
	TEXTILES FLOREANO	5.6	5 747.1	7 102.4	3 42.13	
S/E PEREIRA	2.8	5 355.6	3 37.13	7 28.73		

INTERCONEXION ELECTRICA S.A.
INFLUENCIA DE ARMONICOS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION

DOCUMENTO No 15A
REV. : 0
FECHA : 82.02.15

TABLA No 4.3
ARMONICOS PREDOMINANTES EN SEÑALES DE VOLTAJE

TPO DE USUARIO	PUNTO DE MEDICION	RMS FUNDAMENTA (kV)	THD (%)	1er Armonico Predominante		2o Armonico Predominante		3er Armonico Predominante	
				#	Magnitud (Volts)	#	Magnitud (Volts)	#	Magnitud (Volts)
INDUSTRIAL 115 kV	* PRODCSAL	64.85	15.4	3	9938.0	2	575.9	5	499.7
INDUSTRIAL 34.5 kV	QUINTEX	34.81	2.8	5	864.0	3	318.1	7	170.0
	CARTONES AMERICA	32.23	0.8	5	242.8	3	54.5	7	52.7
	CEMENTOS DEL VALLE	34.02	1.0	5	427.3	6	401.6	4	210.0
	ALUMINO NACIONAL	34.27	2.4	5	828.4	3	83.5	2	56.4
	GOOD YEAR	35.02	2.1	5	731.7	2	77.38	3	51.09
	* PROPAL	20.30	0.7	5	104.6	3	63.9	2	27.7
	COMPAÑIAS	34.72	0.8	5	228.1	2	85.8	3	48.2
	* MAIFENA	10.84	2.0	5	365.4	7	101.8	3	60.0
	*** PTO MALLARINO T1	4.12	0.8	5	28.4	7	12.5	2	10.2
	*** PTO MALLARINO T2	4.17	0.8	5	24.5	7	15.5	3	10.0
INDUSTRIAL 13.2 kV	* AGAFANO	21.01	0.8	5	119.7	5	82.6	7	35.0
SIDERURGICA 13.2 kV	FUNDENTE	12.73	3.3	5	375.8	3	140.5	2	43.06
INDUSTRIAL 13.2 kV	ING MANJELITA	13.36	2.2	5	220.1	3	168.8	7	64.7
	BAVARIA	13.82	2.0	5	266.6	3	20.4	2	14.5
	S/E BITACO T1	12.97	1.8	5	187.8	7	46.59	3	41.44
	S/E BITACO T2	13.85	1.8	5	217.8	7	101.7	3	70.34
	S/E BITACO 120 V	0.1222	1.9	5	1.876	3	1.217	7	0.581
	FACOMEC	13.8	3.8	5	521.6	7	88.52	3	49.1
	* S/E DIESEL I								
	CTO BUENO MADRID	7.126	3.3	5	235.8	7	37.36	11	12.38
	CARVAJAL	13.37	0.7	5	70.77	2	31.128	7	20.83
	* S/E CHIPICHAPE								
	CTO YUMBO COBRE	7.854	0.8	5	52.89	3	32.03	2	10.06
	CONGATE PALMAY IVF	13.41	1.0	5	243.6	7	40.37	3	36.48
	TEXTILES FLOREANO	13.02	5.6	5	747.1	7	102.4	3	42.13
S/E PEREIRA	13.11	2.8	5	355.6	3	37.13	7	28.73	

NOTA : - * Punto de medición con kV Línea-Neutro
- ** Porcentaje de la magnitud de la componente fundamental
- *** Usuario de 34.5 kV medido por 4.16 kV

TABLA No 4.4
 ARMONICOS PREDOMINANTES EN SEÑALES DE CORRIENTE

TPO DE USUARIO	PUNTO DE MEDICION	RMS FUNDAMENTA (Amos)	THD (%)	1er Armonico Predominante		2o Armonico Predominante		3er Armonico Predominante	
				#	Magnitud (Amos)	#	Magnitud (Amos)	#	Magnitud (Amos)
INDUSTRIAL 115 kV	PROOCSAL	38.83	19.0	5	4.97	7	3.80	11	2.18
INDUSTRIAL 34.5 kV	QUINTEX	52.87	2.1	5	0.87	3	0.51	7	0.27
	CARTONES AMERICA	62.31	5.1	5	3.11	11	0.51	3	0.19
	CEMENTOS DEL VALLE	141.20	5.0	2	4.12	3	3.84	5	2.17
	ALUMINO NACIONAL	73.08	14.4	3	7.91	2	5.83	5	3.82
	GOOD YEAR	44.93	9.7	5	4.07	7	0.98	4	0.63
	PROPAL	153.00	2.0	7	2.44	5	1.38	3	0.91
	COMPAÑIAS	37.89	5.2	7	1.87	5	0.45	3	0.44
	MAIFENA	24.51	6.6	7	1.19	5	1.08	3	0.08
	PTO MALLARINO T1	304.80	1.1	7	1.77	5	1.63	2	0.82
	PTO MALLARINO T2	328.10	1.5	5	3.95	7	2.04	3	1.59
	AGAFANO	60.85	1.7	3	0.83	5	0.43	7	0.51
SIDERURGICA 13.2 kV	FUNDENTE	176.10	9	2	12.52	3	6.33	5	4.05
INDUSTRIAL 13.2 kV	BAVARIA	42.37	1.8	5	0.46	3	0.36	2	0.26
	S/E BITACO T1	203.80	3.8	5	7.40	7	2.05	3	1.34
	S/E BITACO T2	182.30	5.3	5	8.91	7	2.85	3	2.16
	FACOMEC	53.25	33.8	5	16.22	7	7.37	11	0.89
	S/E DESEL I								
	CTO BUENO MADRID	150.20	0.5	5	13.12	7	5.33	3	1.02
	CARVAJAL	69.86	2.4	5	1.26	7	0.99	3	0.43
	S/E CHIPCHAPE								
	CTO YUMBO COBRE	186.00	6.4	5	11.70	2	1.81	7	1.03
	COLGATE PALMOLIVE	108.00	1.3	5	1.17	3	0.58	7	0.48
TEXTILES EL CEDRO	26.36	31.9	7	7.39	5	3.99	2	0.26	
S/F PERIRA	102.70	2.3	3	2.20	5	0.47	7	0.30	

NOTA : - ** Porcentaje de la magnitud de la componente fundamental

TABLA Nº 5.1

**LIMITES EN LA CORRIENTE ARMONICA PARA USUARIOS
DE LA EMPRESA DE ENERGIA EN EL PCC
CON OTROS USUARIOS**

DISTORSION ARMONICA EN CORRIENTE EN %					
Icc / In	ORDEN DEL ARMONICO				DISTORSION ARMONICA TOTAL
	< 11	11-23	23-35	> 35	
< 20	4	1.5	1.0	0.5	5.0
20 - 50	7	2.5	1.5	0.8	8.0
50 - 100	10	4.0	2.0	1.2	12.0
100 - 1000	12	5.0	2.5	1.5	15.0
> 1000	15	8.0	4.0	1.8	20.0

TABLA Nº 5.2

**LIMITES EN EL VOLTAJE ARMONICO PARA EMPRESAS
PRODUCTORAS DE ENERGIA**

DISTORSION ARMONICA EN VOLTAJE EN EL PCC, EN %			
	23-69 Kv	69-138 Kv	> 138 Kv
Máximo admitido para un armónico individual	3.0	1.5	1.0
Distorsión armónica total	5.0	2.5	1.5

TABLA Nº 6.1

PÁRAMETROS DE FILTRO PARA PLASTILENE.

Elementos	$\frac{f_n}{f_0}$	Q	L (Henrys)	C (μF)
Rama para 5o. Armónico	5.0	a	0.2758	1.02054

TABLA Nº 6.2

PARAMETROS DE FILTRO PARA SIDEMUNA.

Elementos	$\frac{f_n}{f_0}$	Q	L (Henrys)	C (μF)
Rama para 3° Armónico	3.0	a	3.898	0.2006
Rama para 5° Armónico	5.0	a	1.403	0.2006

TABLA Nº 6.3

COMPARACION DE MAGNITUDES EN MODELOS
DESARROLLADOS

PUNTO DE MEDICION	MAGNITUD	VALORES MEDIDOS FASE A		VALORES CALCULADOS FASE A	
		THD (%)	RMS	THD (%)	RMS
PLASTILENE	KV	2.6	11.12	0.45	11.48
	AMPS	28.3	29.46	28.28	29.45
SIDEMUNA	KV	1.3	118.20	0.58	114.70
	AMPS	45.6	65.40	46.36	64.58
PAVCO	KV	1.5	114.50	0.05	114.90
	AMPS	5.3	28.50	5.62	26.89
FERROTEC	KV	13.1	11.77	0.30	11.47
	AMPS	1.6	202.30	1.55	202.80
ICOLLANTAS	KV	0.9	35.16	0.60	34.45
	AMPS	2.4	55.10	2.34	53.73
CONALVIDRIOS	KV	1.4	33.50	0.22	34.73
	AMPS	1.5	42.90	1.53	42.90

TABLA Nº 6.4

**VARIACION DE PARAMETROS CON LA INSTALACION
DE FILTROS SISTEMA DE PLASTILENE.**

PARAMETRO	MAGNITUD	SIN FILTRO	CON FILTRO PARA 5Ω
Voltaje en S/E BOSANOVA 11.4 kV.	THD (%)	0.30	0.18
Volt. en PLASTILENE 11.4. kV.	THD (%)	0.45	0.23
Corriente en línea 11.4 kV.	THD (%)	28.28	6.53
5Ω Armónico I carga	(%)	27.38	1.14
Impedancia 5Ω Arm.	Ohmios	5.85	0.00998
Volt. en PLASTILENE 11.4 kV	kV(RMS)	11.48	11.48
Corriente en línea 11.4 kV	A(RMS)	29.45	30.89

NOTA: - Armónicos de corriente expresados en % de la componente fundamental.

- Impedancias a tierra en el barraje de 11.4 kV.

TABLA Nº 6.5

**VARIACION DE PARAMETROS CON LA INSTALACION
DE FILTROS SISTEMA DE SIDEMUNA.**

PARAMETRO	MAGNITUD	SIN FILTRO	CON FILTRO PARA 3Ω Y 5Ω
Voltaje en S/E MUNA 115 kV.	THD (%)	0.58	0.34
Voltaje en SIDEMUNA 115 kV.	THD (%)	0.58	0.34
Corriente de Carga	THD (%)	46.36	16.26
3Ω Armónico I carga	(%)	37.52	2.64
5Ω Armónico I carga	(%)	3.46	0.15
Impedancia 3Ω Arm.	Ohmios	21.5	1.42
Impedancia 5Ω Arm.	Ohmios	35.83	0.099
Volt. SIDEMUNA 115 kV.	kV (rms)	114.67	115.09
Corriente de Carga	A (rms)	64.58	65.60

NOTA: - Armónicos de corriente expresados en % de la componente fundamental.

- Impedancias a tierra en el barraje de 115 kV.

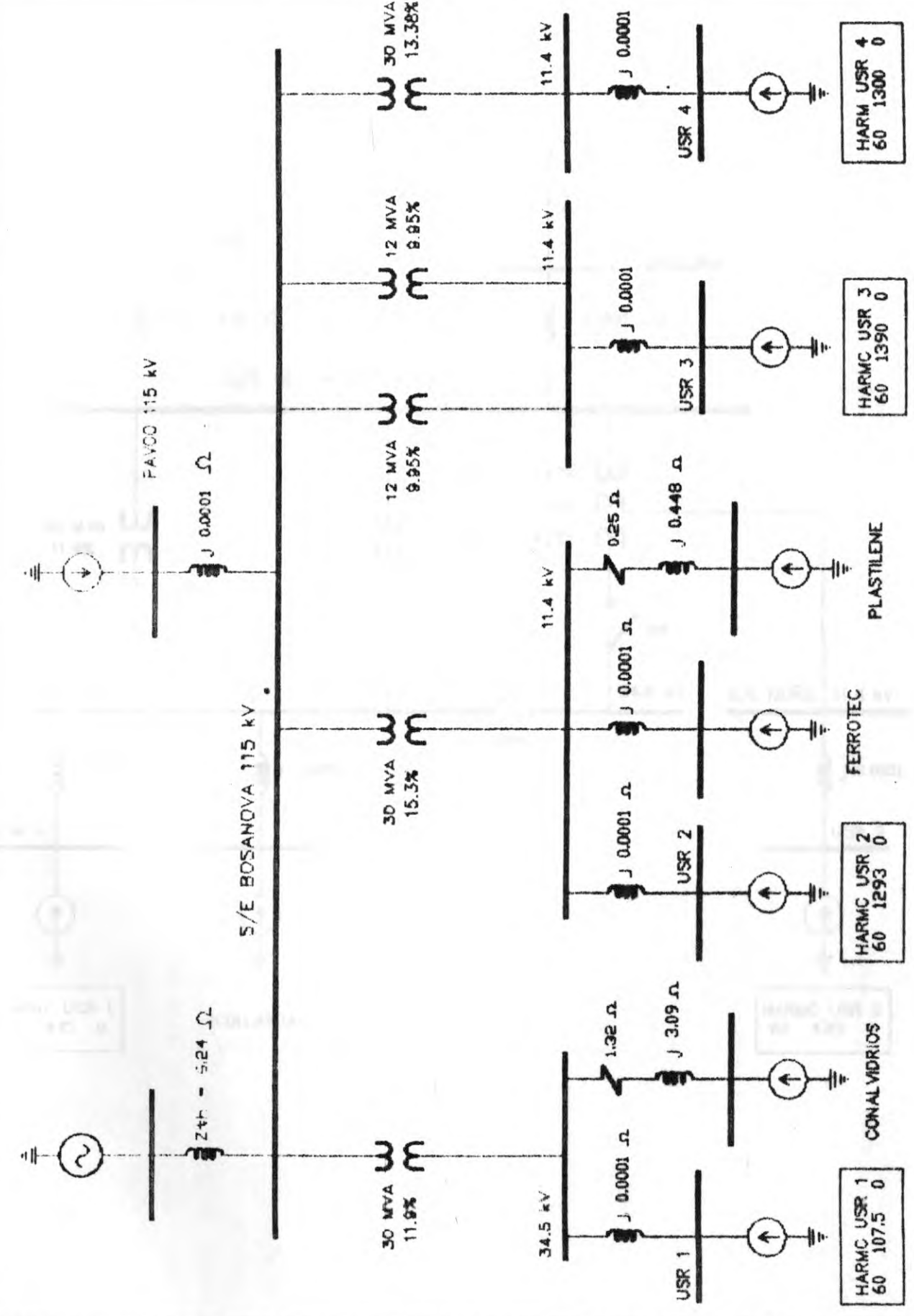
CONDICIONES DE OPERACION	VALORES	UNIDADES	COMENTARIOS
1.1	1.0	1.0	
1.2	1.0	1.0	
1.3	1.0	1.0	
1.4	1.0	1.0	
1.5	1.0	1.0	
1.6	1.0	1.0	
1.7	1.0	1.0	
1.8	1.0	1.0	
1.9	1.0	1.0	
1.10	1.0	1.0	

DE SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE ENERGIA
 Y SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE ENERGIA

INFORMACION

INFORMACION
 Fecha: 92-02-13
 No. de Proyecto: 92-02-13

APROBADO
 MODIFICACION

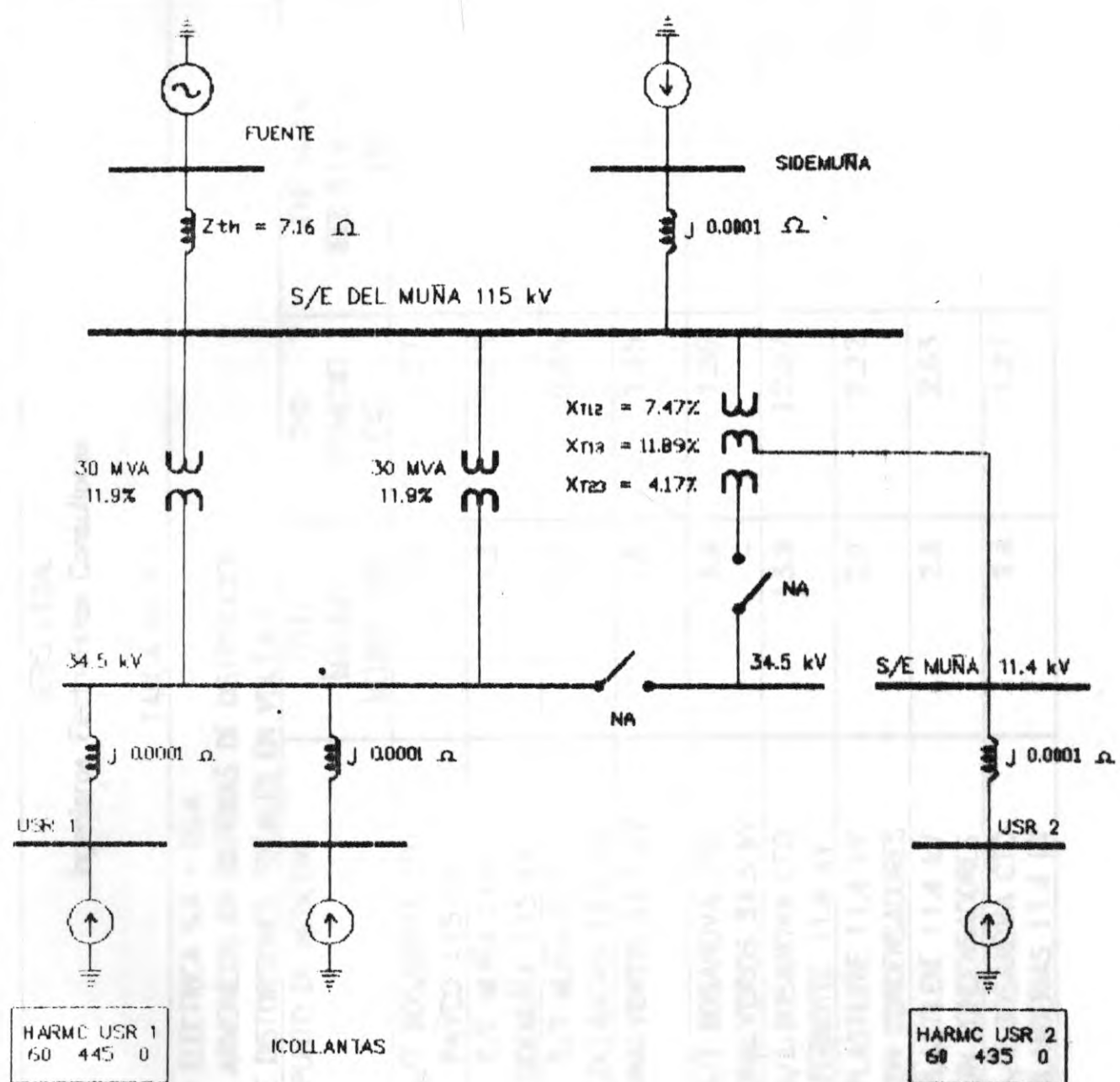
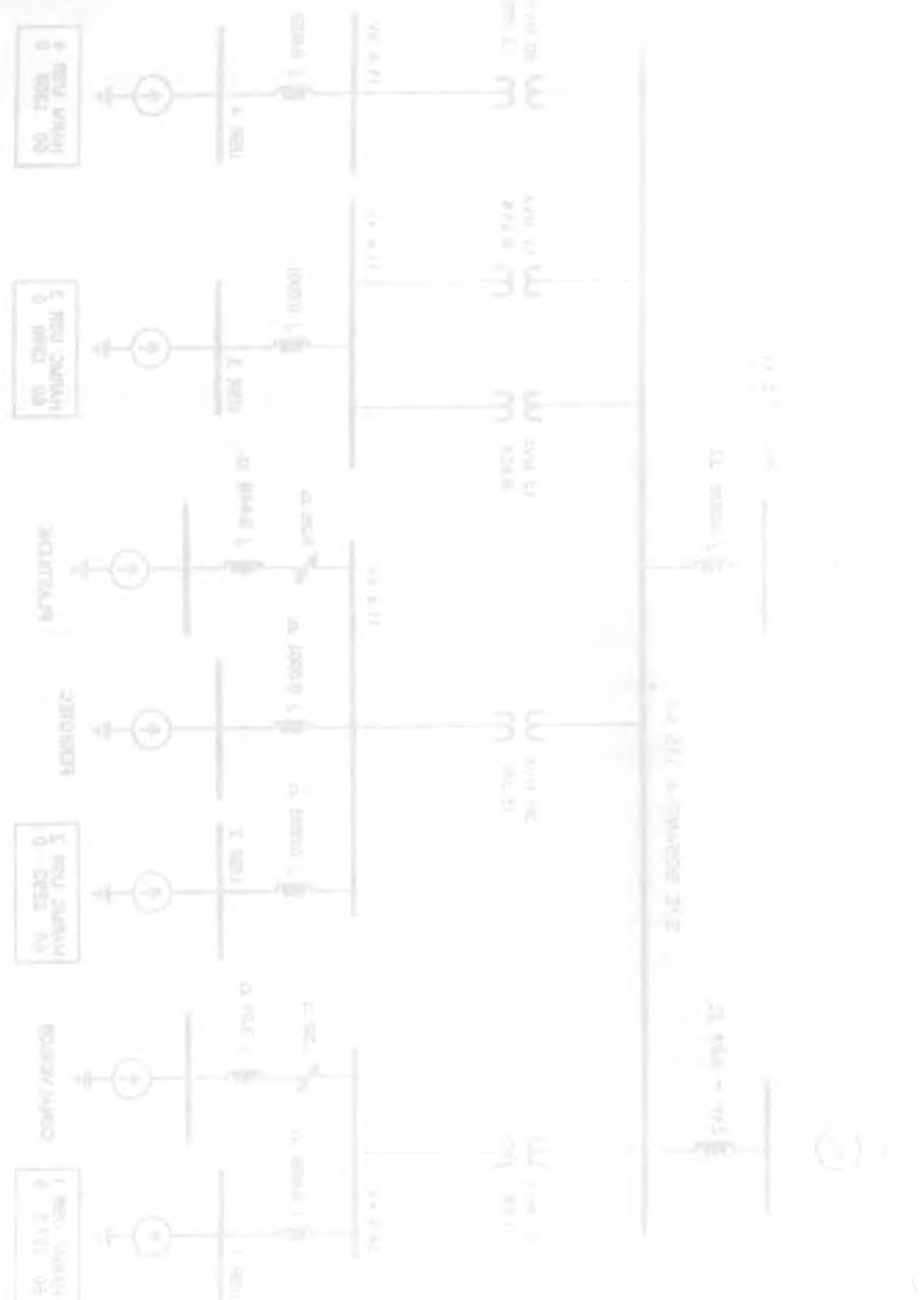


INFLUENCIA DE ARMONICOS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION

MODELO S/E BOSANOVA

ESCALA	DIMENSIONES	FECHA	92-02-13
DISENO	APROBADO	REVISADO	CONTRATO
C.A.H.	J.E.C.V.	J.C.J.M.	ISA-2464
PLANO No.	REV.	NOVA	CONT.

AUTOCAD



INFLUENCIA DE ARMONICOS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION

MODELO S/E DEL MUÑA

ESCALA	DIMENSIONES	FECHA	
DISENYO	APROBADO	SENA	
C.A.H.	J.E.C.V.	J.C.J.M.	
PLANO No.:	REV.	HOJA	CONT.

AUTOCAD



GERS LTDA.
Ingenieros Electricistas Consultores

TABLA No 7.1

EMPRESA : INTERCONEXION ELECTRICA S.A - L.S.A
PROYECTO : INFLUENCIA DE ARMONICOS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION
CONTENIDO : EVALUACION DE DISTORSIONES TOTALES EN VOLTAJE

TIPO DE USARIO	PUNTO DE MEDICION	THD MAXIMO MEDIDO (%)	THD PROMEDIO (%)	THD MAXIMO IEEE 519-1980 (%)
INDUSTRIAL 115 kV	S/E BOSANOVA CTO PAVCO 115 kV	1.5	1.37	2.5
SIDERURGICA 115 kV	S/E MUÑA CTO SIDEMUÑA 115 kV	1.3	1.03	2.5
INDUSTRIAL 34.5 kV	S/E MUÑA CTO ICOLLANTAS 34.5 kV	1.0	0.89	5.0
	CONALVIDRIS 34.5 kV	1.5	1.45	5.0
	S/E BOSANOVA CTO CONALVIDRIS 34.5 kV	1.4	1.36	5.0
INDUSTRIAL 11.4 kV	S/E BOSANOVA CTO FERROTEC 11.4 kV	13.9	12.97	5.0
	PLASTILENE 11.4 kV CON CONDENSADORES	2.7	2.22	5.0
	PLASTILENE 11.4 kV SIN CONDENSADORES	2.8	2.63	5.0
	S/E BOSANOVA CTO HILANDERIAS 11.4 kV	1.4	1.27	5.0

115 kV INDUSTRIAL	PAVCO 115 kV S/E BOSANOVA CTO	14	131	20
	CONALVIDRIOS 115 kV CON CONDENSADORES	58	322	20
	PLASTILENE 115 kV CON CONDENSADORES	51	333	20
	FERROTEC 115 kV S/E BOSANOVA CTO	173	1581	20
	CONALVIDRIOS 242 kV S/E BOSANOVA CTO	14	129	20
242 kV INDUSTRIAL	CONALVIDRIOS 242 kV S/E BOSANOVA CTO	12	142	20
	CONALVIDRIOS 242 kV S/E BOSANOVA CTO	10	083	20
112 kV INDUSTRIAL	CONALVIDRIOS 112 kV S/E BOSANOVA CTO	12	102	12
	CONALVIDRIOS 112 kV S/E BOSANOVA CTO	12	121	12
TIPO DE LADO DE	NOMBRE DE MEDICION	MEDIDA (30) INSTRUMENTO LTD	(30) MEDICION LTD	(30) ESE 218-1000 LTD INSTRUMENTO

CONTEUDO : RELACIONES DE I_{cc} A LA I_n MEDICIONES EN BOGOTA
 PROYECTO : INFLUENCIA DE ARMONICOS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION
 EMPRESA : INTERCONEXION ELECTRICA S.A - LSA

LEYENDA

INGENIEROS ELECTRICISTAS CONSULTORES

GERS LTDA.
Ingenieros Electricistas Consultores

TABLA No 7.2

EMPRESA : INTERCONEXION ELECTRICA S.A - LSA
 PROYECTO : INFLUENCIA DE ARMONICOS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION
 CONTENIDO : RELACIONES DE I_{cc} A LA I_n MEDICIONES EN BOGOTA

	PUNTO DE MEDICION	I _{cc}	I _n	I _{cc} /I _n	% THD NORMA	% THD * MEDIDO	% THD PROMEDIO
INDUSTRIAL 115 kV	S/E BOSANOVA CTO PAVCO 115 kV	10.634	28.52	372.86	15	5.30	4.45
SIDERURGICA 115 kV	S/E MUÑA CTO SIDEMUÑA 115 kV	9.270	100.60	92.15	12	45.60	13.24
INDUSTRIAL 34.5 kV	S/E MUÑA CTO COLLANTAS 34.5 kV	6.627	57.30	115.65	15	2.40	1.89
	CONALVIDRIOS 34.5 kV	2.350	58.57	40.12	8	1.80	1.10
	S/E BOSANOVA CTO CONALVIDRIOS 34.5 kV	3.770	92.50	40.76	8	2.10	1.89
INDUSTRIAL 11.4 kV	S/E BOSANOVA CTO FERROTEC 11.4 kV	9.089	202.30	44.93	8	1.80	1.63
	PLASTILENE 11.4 kV CON CONDENSADORES	7.511	55.21	136.04	15	30.20	24.25
	PLASTILENE 11.4 kV SIN CONDENSADORES	7.511	55.21	136.04	15	14.00	12.24
	S/E BOSANOVA CTO HILANDERIAS 11.4 kV	9.089	231.50	39.26	8	3.30	2.98

* THD Maximo registrado en las tres fases, segun Tabla No 5.2

TABLA Nº 7.3

PENETRACION DE ARMONICOS CIRCUITO
CONALVIDRIOS 3.4.5 kV

PUNTO DE MEDICION	CONALVIDRIOS 34.5 kV	S/E BOSANOVA CTO CONALVIDRIOS 34.5
DISTORSION DE VOLTAJES PROMEDIO (%)	1.45	1.36
DISTORSION DE CORRIENTES PROMEDIO (%)	1.10	1.89

TABLA Nº 7.4

PENETRACION DE ARMONICOS CIRCUITO
HILANDERAS 11.4 kV

PUNTO DE MEDICION	PLASTILENE S.A 11.4 kV	S/E BOSANOVA CTO HILANDERAS 11.4 kV
DISTORSION DE VOLTAJES PROMEDIO (%)	2.22	1.27
DISTORSION DE CORRIENTES PROMEDIO (%)	24.25	2.98

Influencia de los armonicos en sistemas de
distribución Interconexión Eléctrica S. A.

333.914 I611i Ej.1

CATALOGADO POR: HELP FILE LTDA