



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO SEDE LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELECTROMECAÁNICAS DE LA EMPRESA INDUACERO CIA.LTDA.

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

GALO RODRIGO BELTRÁN SEMBLANTES

Latacunga, Octubre 2009

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, BELTRÁN SEMBLANTES GALO RODRIGO

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado “**REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELECTROMECAÁNICAS DE LA EMPRESA INDUACERO CIA.LTDA**”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Octubre del 2009.

BELTRÁN SEMBLANTES GALO RODRIGO

CI. N^o 0502937568

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

AUTORIZACIÓN

Yo, BELTRÁN SEMBLANTES GALO RODRIGO

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca Virtual de la Institución del trabajo **“REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELECTROMECAÁNICAS DE LA EMPRESA INDUACERO CIA.LTDA”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Octubre del 2009.

BELTRÁN SEMBLANTES GALO RODRIGO
CI. N° 0502937568

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente proyecto de grado fue desarrollado en su totalidad por el señor GALO RODRIGO BELTRÁN SEMBLANTES previo a la obtención del Título de Ingeniero Electromecánico.

Ing. Washington Freire
DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Mario Jiménez
CODIRECTOR DEL PROYECTO

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos que con su trabajo y cariño me supieron apoyar y guiar por el camino correcto, para alcanzar la meta que me propuse, y por todas sus palabras de aliento en los momentos más difíciles. A mí amor EVELYN por todo su cariño, comprensión y su apoyo incondicional en las buenas y en las malas. A toda mi familia en general.

Rodrigo Beltrán

AGRADECIMIENTO

A Dios.

Por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me ayudó a superarlos.

A mis Padres.

Rodrigo Beltrán y Blanca Semblantes a quienes les debo todo en la vida, por haberme educado y guiarme siempre por el camino correcto.

A mis hermanos.

Porque siempre he contado con ellos para todo, gracias a la confianza que siempre nos hemos tenido; por el apoyo y amistad.

A los Padres de Evelyn.

Porque he sido para ellos como un hijo, a quienes les agradezco por su afecto, cariño y su apoyo incondicional.

A mis maestros.

Gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

A la empresa INDUACERO

En especial al Ing. Javier Estrella por haberme abierto las puertas de su empresa para cumplir con mi objetivo.

A la Escuela Politécnica del Ejército sede Latacunga y en especial a la Carrera de Ingeniería Electromecánica que me dieron la oportunidad de ser parte de ella.

Rodrigo Beltrán

ÍNDICE GENERAL

	Pág
	.
CAPITULO I	1
INFORMACIÓN TEÓRICA	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS.....	1
1.2.1 Abreviaturas.....	1
1.2.2 Símbolos.....	3
1.3 SISTEMA ELÉCTRICO.....	4
1.3.1 Componentes de un sistema eléctrico.....	5
1.3.2 Sistemas de alimentación de energía eléctrica.....	5
1.3.2.1 Servicio de entrada.....	5
1.3.2.2 Alimentadores.....	5
1.3.2.3 Circuitos Derivados.....	6
1.4 ELEMENTOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES.....	6
1.4.1 Instalaciones de Transformación.....	6
1.4.1.1 Conexiones.....	7
1.4.1.2 Derivaciones.....	7
1.4.1.3 Potencia Nominal.....	8
1.4.2 Conductores eléctricos y canalizaciones.....	8
1.4.2.1 Conductores eléctricos.....	8
1.4.2.2 Canalizaciones eléctricas.....	10
1.4.3 Iluminación.....	10
1.4.3.1 Procedimiento y ecuaciones para el cálculo de Iluminación.....	10
1.4.4 Acometidas.....	13
1.4.5 Tableros Eléctricos.....	13
1.4.6 Motores Eléctricos.....	14
1.4.7 Cálculo de circuitos derivados y alimentadores para alumbrado y motores eléctricos.....	14

1.4.8	Aparatos de Medición.....	15
1.4.9	Elementos auxiliares o especiales.....	16
1.4.9.1	Interruptores.....	16
1.4.9.2	Dispositivos de Enchufe.....	16
1.4.9.3	Reguladores.....	17
1.4.9.4	Fusibles.....	17
1.4.10	Protecciones Eléctricas.....	17
1.4.10.1	Requerimientos de las protecciones.....	17
1.4.10.2	Protección Principal.....	17
1.4.10.3	Protección de respaldo.....	18
1.4.10.4	Sistema de protección a tierra.....	18
1.5	ELEMENTOS DE LAS INSTALACIONES MECÁNICAS.....	20
1.5.1	Instalaciones y Fuerzas Motrices.....	20
1.5.2	Teoría de Flujo de fluidos en tuberías.....	20
1.5.2.1	Viscosidad.....	20
1.5.2.2	Número de Reynolds.....	20
1.5.2.3	Factor de Fricción.....	21
1.5.2.4	Fórmula de Darcy.....	21
1.5.2.5	Flujo límite de gases.....	22
1.5.2.6	Pérdida de presión debida a válvulas y accesorios.....	22
1.5.2.7	Coeficiente de resistencia K.....	23
1.5.3	Sistema de Generación y distribución de aire comprimido.....	23
1.5.3.1	Tipos de compresores.....	23
1.5.3.2	Sistemas de regulación.....	24
1.5.3.3	Rendimiento de sistemas de aire comprimido.....	25
1.5.3.4	Dispositivos de una red de aire comprimido.....	25
1.5.3.5	Tubería.....	26
1.5.3.6	Configuración.....	27
1.5.3.7	Parámetros de una instalación de aire comprimido.....	28
1.5.4	Red Centralizada de Gases.....	28
1.5.4.1	Ventajas de la red centralizada.....	29
1.5.4.2	Desventajas de la red centralizada.....	29

1.5.4.3	Funcionamiento.....	29
1.5.4.4	Sistema de entrega de gas AutoSwitch.....	30
1.5.4.5	Producto químico e identificación de la empresa.....	31
1.5.4.6	Propiedades físicas y Químicas.....	31
1.5.4.7	Ventilaciones.....	32
1.6	PROCESOS DE SOLDADURA Y CORTE.....	32
1.6.1	Proceso de soldadura SMAW.....	32
1.6.2	Proceso de soldadura TIG.....	32
1.6.3	Proceso de soldadura MIG.....	33
1.6.4	Proceso de soldadura por arco sumergido.....	34
1.6.5	Proceso de soldadura Oxiacetilénica.....	35
1.6.6	Cortadora por plasma.....	35
1.7	NORMAS DE CERTIFICACIÓN.....	36
1.7.1	ASME.....	36
1.7.2	API.....	36
1.7.3	3A.....	36
1.7.4	TEMA.....	37
1.7.5	AWS.....	37
1.7.6	AISC.....	37
1.7.7	ISO 9001.....	37
1.7.8	ISO 14000.....	38
1.7.9	OHSAS 18000.....	38

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES ELECTROMECAÑICAS ACTUALES DE LA EMPRESA INDUACERO.

2.1	DESCRIPCION DE LA EMPRESA.....	39
2.2	ZONIFICACIÓN DE LA EMPRESA INDUACERO CIA. LTDA.....	40
2.3	PRODUCTOS Y SERVICIOS VENDIDOS.....	42
2.3.1	Industria alimenticia.....	42
2.3.2	Industria químico – farmacéutica.....	42
2.3.3	Industria del transporte.....	42

2.4 PROCESOS DE FABRICACIÓN.....	43
2.4.1 Procesos gerenciales.....	43
2.4.2 Procesos productivos.....	43
2.4.3 procesos de apoyo.....	44
2.4.4 Mapa de procesos.....	44
2.5 LEVANTAMIENTO DE LAS INSTALACIONES ELECTROMECÁNICAS ACTUALES.....	46
2.6 SISTEMA ELÉCTRICO.....	47
2.6.1 Características del transformador.....	47
2.6.2 Protecciones instaladas en la línea de media tensión y en el transformador..	47
2.6.3 Hojas técnicas de maquinaria.....	48
2.6.4 Levantamiento de diagramas unifilares de baja tensión.....	57
2.6.4.1 Protecciones Instaladas.....	57
2.6.4.2 Puesta a tierra.....	57
2.6.5 Obtención de la curva de carga.....	59
2.6.6 Capacidad de reserva del transformador.....	59
2.6.6.1 Calidad de energía.....	60
2.7 SISTEMA NEUMÁTICO.....	64
2.7.1 Levantamiento de la red de distribución neumática de la empresa Induacero.....	64
2.7.1.1 Consumo de aire.....	65
2.7.1.2 Pérdidas de Presión.....	65
 CAPITULO III	
REDISEÑO Y DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELECTROMECÁNICAS	
3.1 ESTUDIO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE BAJA TENSIÓN.....	66
3.1.1 Rediseño del sistema eléctrico de la empresa Induacero.....	66
3.1.1.1 Análisis y rediseño de conductores.....	67
3.1.1.2 Selección de elementos de protección.....	75
3.2 REDISEÑO DE LA RED DE AIRE COMPRIMIDO.....	81
3.2.1 Generación de aire.....	81
3.2.1.1 Determinación del consumo máximo de aire.....	81

3.2.1.2	Capacidad de reserva de la central de compresión.....	82
3.2.2	Tratamiento del aire en los puntos de utilización.....	82
3.2.3	Rediseño de tuberías de la red de distribución de aire comprimido.....	83
3.3	DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELECTROMECAÑICAS DE LA EMPRESA INDUACERO.....	84
3.3.1	Ampliación de la empresa Induacero.....	84
3.3.1.1	Requerimientos de la Ampliación.....	84
3.3.2	Diseño del sistema eléctrico.....	85
3.3.3	Determinación de la demanda máxima unitaria proyectada.....	88
3.3.4	Diseño del sistema de iluminación mediante software en las naves industriales.....	95
3.3.5	Simulación mediante software de flujos de carga y corrientes de cortocircuito.....	95
3.3.6	Diseño de ampliación de la red de distribución de aire comprimido.....	98
3.3.7	Simulación de la red de aire comprimido.....	100
3.4	RED CENTRALIZADA DE GASES, PARA EL ABASTECIMIENTO DE ARGÓN.....	104
3.4.1	Requerimientos de la red centralizada de gases de argón.....	104
3.4.2	Sistema centralizado de suministro de gas argón.....	105
3.4.2.1	Tubería Principal y secundaria.....	106
3.4.2.2	Reguladores para cilindros.....	106
3.4.2.3	Reguladores para puntos de uso.....	106
3.4.2.4	Simulación de la red de distribución de gas argón.....	106

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO

4.1	ANÁLISIS TÉCNICO DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	109
4.1.1	Análisis de la potencia instalada.....	109
4.1.2	Consumo y facturación eléctrica.....	110
4.1.3	Propuestas de atenuación o eliminación de perturbaciones de la energía eléctrica.....	113
4.1.3.1	Distorsión armónica de corriente.....	113

4.1.4 Propuesta de solución para incrementar el nivel de iluminación en las naves industriales.....	114
4.2 ANÁLISIS TÉCNICO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AIRE COMPRIMIDO.....	115
4.2.1 Propuesta de solución para tuberías de servicio.....	115
4.2.2 Propuesta de solución para caídas de presión y fugas de aire.....	115
4.2.3 Propuesta para el tratamiento adecuado de aire en los puntos de utilización.	116
4.3 PROPUESTAS DE MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES ELECTROMECÁNICAS.....	116
4.3.1 Sistema de baja tensión 220/127 V.....	116
4.3.2 Red de distribución de aire comprimido.....	118
4.4 DETERMINACIÓN DE COSTOS.....	119
4.4.1 Determinación de costos para el rediseño y diseño del sistema eléctrico.....	119
4.4.1.1 Costos para el Diseño de ampliación de las instalaciones eléctricas.....	120
4.4.2 Determinación de costos para el rediseño y diseño de la red de distribución de aire comprimido.....	120
4.4.3 Ofrecimiento de una red centralizada para el abastecimiento de argón por parte de la compañía AGA.....	121
 CAPÍTULO V	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1 CONCLUSIONES.....	122
5.2 RECOMENDACIONES.....	124
BIBLIOGRAFÍA.....	126
PÁGINAS WEB.....	127
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
CAPÍTULO I	
FIGURA.1.1: Componentes de un sistema Eléctrico.....	5
FIGURA.1.2: Detalles del conductor de cobre tipo THHN.....	8
FIGURA.1.3: Aparatos de Medición.....	16
FIGURA.1.4: Instalación del electrodo a tierra.....	18
FIGURA.1.5: Instalación del electrodo de puesta a tierra del sistema.....	19
FIGURA.1.6: Instalación típica de una red de distribución de aire comprimido.....	27
FIGURA.1.7: Principio de funcionamiento del Sistema Centralizado de gas argón.....	30
FIGURA. 1.8: Módulo de entrega de gas AutoSwitch CONCOA.....	31
FIGURA. 1.9: Proceso de Soldadura SMAW.....	32
FIGURA. 1.10: Equipamiento para el proceso de Soldadura TIG.....	33
FIGURA. 1.11: Equipamiento para el proceso de Soldadura MIG.....	34
FIGURA. 1.12: Equipamiento para el proceso de soldadura por arco sumergido.....	34
FIGURA. 1.13: Elementos principales de una instalación móvil de soldadura por gas.....	35
CAPÍTULO II	
FIGURA. 2.1: Plano de Ubicación de secciones de trabajo.....	41
FIGURA. 2.2: Mapa de Procesos de la empresa Induacero.....	45
FIGURA. 2.3: Medición de la puesta a tierra con el Telurómetro.....	58
FIGURA. 2.4: Diagrama de Resistencia a Tierra.....	58
FIGURA. 2.5: Curva de carga Centro de Transformación (Ver Anexo 3).....	59
CAPÍTULO III	
FIGURA. 3.1: Caídas de voltaje permisibles.....	69
FIGURA. 3.2: Combinación de filtro, regulador de presión y lubricador en los puntos de utilización.....	82
FIGURA. 3.3: Aglomeración de desperdicios en lugares de trabajo.....	84

FIGURA. 3.4: Selección de Barras de Cobre.....	86
FIGURA. 3.5: Esquema del sistema Eléctrico Inducero.....	96
FIGURA. 3.6: Simulación de la Red de aire comprimido.....	100
FIGURA. 3.7: Construcción de equipos industriales en acero inoxidable.....	104
FIGURA. 3.8: Sistema actual utilizado para el proceso de soldadura TIG....	105
FIGURA. 3.9: Sistema Centralizado de cilindros de gas argón.....	105
FIGURA. 3.10: Esquema de la red centralizada de gas argón.....	107
CAPÍTULO IV	
FIGURA. 4.1: Distribución de la carga instalada por áreas de proceso, en porcentaje.....	109
FIGURA. 4.2: Distribución de la carga eléctrica instalada según la aplicación del uso eléctrico, en porcentaje.....	110
FIGURA. 4.3: Historial de la energía consumida durante el año 2008.....	112
FIGURA. 4.4: Historial de la demanda de potencia durante el año 2008.....	112
FIGURA. 4.5: Filtrado de armónicos del grupo Schneider.....	113
FIGURA. 4.6: Techos de naves industriales sin entrada de luz natural.....	114
FIGURA. 4.7: Falta de limpieza en canaletas y conductores.....	117
FIGURA. 4.8: Filtros en desperfecto estado.....	118
FIGURA. 4.9: Unidad de mantenimiento en puntos de consumo.....	118
FIGURA. 4.10: Puntos de consumo Obstruidos.....	119

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
CAPÍTULO I	
TABLA 1.1: Simbología eléctrica según la norma de la empresa Eléctrica Ambato.....	3
TABLA 1.2: Límites de Voltaje.....	9
CAPÍTULO II	
TABLA 2.1: Características del Transformador.....	47
TABLA 2.2: Descripción de la protección en el punto de alimentación.....	48
TABLA 2.3: Información de Consumo de Equipos.....	49
TABLA 2.4: Información de Iluminación.....	55
TABLA 2.5: Información de Equipos de Oficina.....	56
TABLA 2.6: Resultados obtenidos de la Medición de puesta a tierra.....	58
TABLA 2.7: Capacidad de reserva del transformador.....	59
TABLA 2.8: Calidad de energía CT1 (ver Anexo 3).....	60
TABLA 2.9: Límites para contenido armónico de corrientes (IEEE 519).....	61
TABLA 2.10: Consumo de aire.....	65
TABLA 2.11: Pérdidas de Presión.....	65
CAPÍTULO III	
TABLA 3.1: Cálculo de conductores alimentadores y circuitos derivados – criterio de corriente y caída de voltaje.....	70
TABLA 3.2: Selección de protecciones de circuitos alimentadores y circuitos derivados.....	77
TABLA 3.3: Determinación del consumo de aire.....	81
TABLA 3.4: Capacidad de reserva de la cámara de compresión.....	82
TABLA 3.5: Selección de conductores.....	86
TABLA 3.6: Determinación de la demanda máxima Unitaria.....	89
TABLA 3.7: Resultados flujos de potencia NEPLAN en barras.....	96
TABLA 3.8: Resultados flujos de potencia NEPLAN en elementos.....	97
TABLA 3.9: Resultados fallas de cortocircuito en barras.....	98
TABLA 3.10: Datos de Optimización del sistema Neumático.....	99

TABLA 3.11: Resultados de la simulación de la red de distribución de aire comprimido.....	101
TABLA 3.12: Resultados de la simulación de la red de distribución de GAS Argón.....	108
CAPÍTULO IV	
TABLA 4.1: Distribución de la carga instalada por áreas de proceso.....	109
TABLA 4.2. Distribución de la carga eléctrica instalada según la aplicación del uso eléctrico.....	110
TABLA 4.3: Resumen de parámetros de las planillas de pago de energía eléctrica durante el año 2008.....	111
TABLA 4.4: Características en tableros de distribución.....	117
TABLA 4.5: Costos para el rediseño en nuevos conductores seleccionados.....	119
TABLA 4.6: Costos para el diseño de las instalaciones eléctricas.....	120
TABLA 4.7: Costos para el rediseño y diseño de las instalaciones neumáticas.....	121

ANEXOS

- ANEXO 1:** Actualización de los Planos Arquitectónicos.
- ANEXO 2:** Diagramas unifilares de baja tensión de cada uno de los Tableros de Distribución.
- ANEXO 3:** Resultados de las mediciones obtenidas en el centro de transformación.
- ANEXO 4:** Red de Distribución Neumática de la Empresa INDUACERO.
- ANEXO 5:** Plano arquitectónico - Ampliación General INDUACERO.
- ANEXO 6:** Instalaciones Eléctricas Actuales.
- ANEXO 7:** Rediseño y Diseño de las Instalaciones Eléctricas, en naves industriales.
- ANEXO 8:** Tablas para selección de conductores y barras de cobre.
- ANEXO 9:** Reubicación de maquinaria en el nuevo galpón.
- ANEXO 10:** Tablas para selección de protecciones.
- ANEXO 11:** Simulación del sistema de Iluminación en naves industriales mediante el software DIALux.
- ANEXO 12:** Propiedades físicas de los Gases.
- ANEXO 13:** Red de Distribución de gas argón.
- ANEXO 14:** Optimización de Diagramas unifilares de baja tensión de cada uno de los Tableros de Distribución.

RESUMEN

El presente estudio tiene como finalidad realizar el rediseño y la optimización de las instalaciones electromecánicas de la empresa Induacero, desde su creación en el año 1999 hasta su ampliación en el presente año.

Las principales fuentes de energía utilizadas por la empresa Induacero son: energía eléctrica, energía neumática (aire comprimido), y energía química (argón), caracterizada en procesos de soldadura en acero inoxidable. Para el efecto del proyecto se ha dividido en cinco capítulos, como sigue:

En el Capítulo I se detalla el marco teórico que sirvió como fundamento para el desarrollo de los siguientes capítulos, donde se describen abreviaturas, símbolos, fórmulas, definiciones y nomenclaturas propias, relacionadas con los elementos de las instalaciones eléctrica y mecánica.

En el Capítulo II con respecto al sistema eléctrico se realiza el levantamiento de planos, diagramas unifilares, elaboración de hojas técnicas de maquinaria y la determinación de la potencia instalada. Las mediciones fueron realizadas con un analizador trifásico de energía, adquiriendo información necesaria acerca de voltaje, corrientes, potencias, frecuencia y parámetros de calidad de energía eléctrica. Para el sistema neumático, se levantó un plano acotado de la fábrica, en donde se encuentra instalada la red de distribución de aire comprimido, según la configuración y las actividades que se desarrollan dentro de la planta industrial, situando los puntos de consumo de aire y anotando este consumo.

En el Capítulo III se realiza una actualización de los planos de implantación y eléctricos de la empresa Induacero por motivo de ampliación de la misma. El rediseño en las instalaciones actuales y la optimización para sus nuevas dependencias. En el sistema eléctrico destacamos la selección adecuada de conductores, protecciones, y diseño de iluminación mediante software de las nuevas naves industriales.

Para el diseño de ampliación de la red de distribución de aire comprimido se eligieron las distancias más cortas, procurando que las conducciones sean lo más rectas posibles y evitando innecesarios cambios de dirección del fluido.

Debido a la gran exigencia en la fabricación de equipos industriales en acero inoxidable se vio la necesidad de realizar un estudio sobre una red centralizada de gases para argón que satisfaga los requerimientos tanto de la fabrica como de la empresa suministradora, específicamente con lo que respecta a la dificultad que hoy en día resulta el transporte de cilindros en el área de trabajo.

Se realizó el trazado de la red según la configuración de los galpones industriales en donde se instalará la tubería de cobre de $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro, en la cual se detalla el equipamiento requerido para el correcto funcionamiento de este nuevo sistema en la planta industrial.

Se emplea un software de simulación para cada estudio antes mencionado, permitiendo obtener una mejor idea de las condiciones en las que opera cada sistema.

En el Capítulo IV se realiza un análisis técnico y económico que permite analizar las condiciones a las que se encuentran las instalaciones electromecánicas de la empresa INDUACERO.

En el Capítulo V se detalla las conclusiones a las que se han llegado, las recomendaciones para una mejor optimización de las instalaciones, la bibliografía y enlaces utilizados para la culminación del proyecto.

CAPITULO I

INFORMACIÓN TEÓRICA

5.1 INTRODUCCIÓN

La empresa INDUACERO, en vista de la gran demanda en la fabricación de equipos industriales, se ha visto en la necesidad de ampliar sus instalaciones con la finalidad de ofrecer un mayor espacio de trabajo para sus empleadores y una mejor comodidad para sus clientes.

El proyecto tiene como fin la ampliación y optimización de las instalaciones electromecánicas, lo que implica conseguir un mejor rendimiento de las instalaciones.

Siendo más específicos, nuestro análisis, se orienta al estudio de los medios de transmisión (conductores), protecciones eléctricas, sistemas de iluminación, red de aire comprimido y red centralizada de gas para argón. Además, si se descubren posibles cambios necesarios para reducir pérdidas, en las instalaciones se los propondrá junto con un estudio de recuperación económica.

5.2 ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

En el contenido del presente proyecto se mencionan diversas siglas, y vocablos técnicos, que se describen a continuación.

5.2.1 ABREVIATURAS

ACSR.- Aluminum Conductor Steel Reinforced (Conductor de aluminio reforzado con acero).

ANSI.- American National Standards Institute (Instituto Americano de Normas Nacional).

API.- American Petroleum Institute (Instituto Americano de Petróleo).

ASTM.- American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Prueba de Materiales).

AWG.- American Wire Gauge (Medida Americana para conductores).

IEC.- International Electrotechnical Commission (Comisión electrotécnica internacional).

IEEE.- Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de ingenieros en electricidad y electrónica).

NEMA.- National Electrical Manufacturers Association (Asociación nacional de fabricantes eléctricos).

TEMA.- Standards of the Tubular Exchanger Manufacturers Association (Asociación de manufacturas para intercambiadores tubulares.)

AISC.- American Institute of Steel Construction (Instituto Americano de Construcción en Acero).

ISO.- International Organization for Standardization (Organización Internacional de Normalización).

TD.- Tablero de Distribución.

STD.- Subtablero de Distribución.

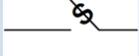
TB.- Tablero de Barras

CI.- Carga Instalada

Fsn.- Factor de simultaneidad

DMU.- Demanda Máxima Unitaria

5.2.2 SÍMBOLOS ¹

Simbología	
	Luminarias Incandescentes del cielo raso, para diferenciar las distintas potencias de las lámparas, se variará el diámetro de la circunferencia.
	Luminaria fluorescente de 2 x 40.
Sa	Interruptor simple con indicación de la luminaria que controla.
2Sab	Interruptor doble con indicación de la luminaria que controla.
	Tomacorriente de pared.
	Tomacorriente monofásico con especificación de potencia para cargas especiales.
	Tomacorriente bifásico con neutro y con especificación de potencia.
	Tomacorriente trifásico con especificación de potencia.
	Tomacorriente trifásico non neutro y con especificación de potencia.
	Alimentador a subtablero.
	Interruptor portafusible.
	Interruptor termomagnético.
	Transformador.
	Pararrayos.
	Conductor conectado.

¹ Norma de la Empresa Eléctrica Ambato S.A. Manual REDES AÉREAS – DISEÑO Parte I

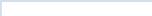
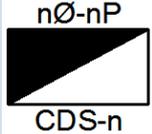
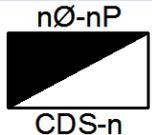
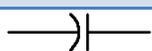
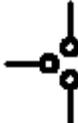
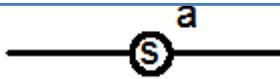
	Puesta a tierra.
	Motor.
	Indicación de tubería que sube.
	Indicación de tubería que baja.
	Circuito por el cielo raso.
	Circuito por la pared.
	Circuito por el piso.
	Centro de distribución secundaria con el número de fases, el número de polos y número de CDS.
	Centro de distribución principal con el número de fases, y el número de polos.
	Alimentador secundario: AS.
	Condensador.
Simbología Auxiliar	
	Reloj.
	Luminaria fluorescente al circuito s comandado con el interruptor a

Tabla 1.1. Simbología eléctrica según la norma de la empresa Eléctrica Ambato.

5.3 SISTEMA ELÉCTRICO

En la actualidad la electricidad juega un papel muy importante en el funcionamiento y control de los equipos y en el desarrollo de técnicas modernas

que permiten mejorar los procesos industriales, todo ello, en función del aprovechamiento óptimo de los recursos primarios, la eficiencia energética y la armonía con el medio ambiente.

5.3.1 COMPONENTES DE UN SISTEMA ELÉCTRICO

Puesto que la electricidad recorre un largo camino desde su generación en las centrales, hasta su utilización final para alimentar todo tipo de instalaciones; principiaremos nuestro estudio con una perspectiva de un sistema típico de potencia de corriente alterna, figura 1.1.

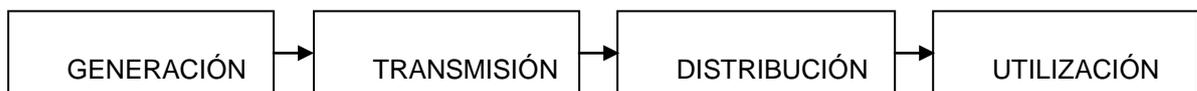


Fig.1.1: Componentes de un sistema Eléctrico²

5.3.2 SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

5.3.2.1 Servicio de entrada

En un sistema de potencia, desde la generación hasta el consumo de la energía eléctrica, se requiere mantener el suministro de la misma en una forma continua, es decir con un mínimo de interrupciones y en la cantidad que los distintos tipos de usuarios requieran, esto con la calidad de servicio apropiada.

5.3.2.2 Alimentadores

Los conductores del alimentador deben tener una capacidad de corriente suficiente para alimentar las cargas conectadas. En ningún caso la carga calculada para un alimentador debe ser menor a la suma de las cargas de los ramales conectados.³

² Máquinas eléctricas y transformadores de I. Kosow, pág. 2

³ Según CPE INEN 19:2000 sección 220-10. pág. 49.

5.3.2.3 Circuitos Derivados

Es el conjunto de los conductores y demás elementos de cada uno de los circuitos que se extienden desde los últimos dispositivos de protección contra sobrecorriente en donde termina el circuito alimentador, hacia las salidas de las cargas. La “salida” en una instalación eléctrica de utilización es la caja de conexiones de la cual se toma la alimentación para una o varias cargas eléctricas determinadas tales como las de luminarias, motores, contactos, etc.

5.4 ELEMENTOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES.

Todo sistema eléctrico tiene el propósito común de proporcionar energía eléctrica en forma segura, confiable y económica, a los diversos puntos de consumo que existen en las fábricas. Estos puntos de consumo, no son más que el conjunto de equipos o cargas eléctricas que utilizan la energía para la generación de movimiento (motores) y/o generación de calor (resistencias), iluminación, etc.

En el entorno industrial, existe una gran variedad de equipos eléctricos que operan en función de un proceso determinado, siendo los más comunes los siguientes:

- Transformador.
- Conductores (cables y barrajes).
- Motores Eléctricos.
- Lámparas.
- Resistores Eléctricos.
- Condensadores (Capacitores)
- Equipos Electrónicos, etc.

5.4.1 INSTALACIONES DE TRANSFORMACIÓN

El transformador requiere menor cuidado comparado con otros equipos eléctricos. El grado de mantenimiento e inspección necesarios para su operación depende

de su capacidad, de la importancia dentro del sistema eléctrico, del lugar de instalación dentro del sistema, de las condiciones climatológicas, del ambiente y en general, de las condiciones de operación.

Con respecto al método de enfriamiento de los transformadores es necesario tomar en cuenta que la disipación de calor por convección disminuye con la altitud, lo que significa que la capacidad del transformador (potencia KVA) disminuye a mayor altitud, los fabricantes por su parte los construyen por lo general para una altura de 1000 msnm, entonces la capacidad del transformador disminuye por cada 100 m sobre los 1000 msnm en un porcentaje del 0.4%.

ECUATRAN S.A. construye transformadores auto – enfriados, sumergidos en aceite; aptos para trabajo continuo a una altura de 3000 msnm, con una variación de temperatura de 65° C sobre la del ambiente.⁴

5.4.1.1 **Conexiones**

Las conexiones de los arrollamientos para los transformadores trifásicos serán Delta en el lado primario y estrella con neutro en el lado secundario; el desplazamiento angular primario – secundario corresponderá al grupo de conexión DY5 según Normas IEC.

5.4.1.2 **Derivaciones**

Los transformadores, en todos los casos, deberán estar provistos, en el arrollamiento primario, con derivaciones para conmutación sin carga que permitan variaciones de la relación de transformación en los siguientes pasos: -5%, -2.5%; +2,5%, +5%.

⁴ Folleto ECUATRAN S.A.

5.4.1.3 Potencia Nominal

La potencia nominal especificada se refiere al valor de la potencia expresada en KVA de salida en régimen continuo, con una temperatura ambiente de 30°C y un sobrecalentamiento de 65°C.

5.4.2 CONDUCTORES ELÉCTRICOS Y CANALIZACIONES

5.4.2.1 Conductores eléctricos

ELECTROCABLES C.A es una empresa líder a nivel regional en la fabricación de conductores eléctricos y alambre esmaltado de óptima calidad que cumplen las exigencias del sector residencial, comercial e industrial. Además de todos los requerimientos del National Electrical Code.⁵

Los conductores de cobre tipo THHN, (Alambre de cobre blando, con aislación termoplástica de Cloruro de Polivinilo PVC y recubierto con capa de Nylon) figura 1.2, son utilizados para circuitos de fuerza y alumbrado en edificaciones industriales, comerciales y residenciales, son especialmente aptos para instalaciones especiales por ductos difíciles y usarse en zonas abrasivas o contaminadas con aceites, grasas, gasolinas, etc.



Fig.1.2: Detalles del conductor de cobre tipo THHN

⁵ www.electrocable.com

a.- Parámetros de selección

- Límite de voltaje de aplicación.
- Capacidad de conducción de corriente (Ampacidad) que representa la máxima corriente que puede conducir un conductor para un calibre.

Los conductores de los circuitos derivados que alimenten un solo motor deben tener una capacidad de corriente no menor al 125% de la corriente nominal del motor a plena carga.

- Máxima caída de voltaje permisible de acuerdo con el calibre del conductor y la corriente que conducirá. La tabla 1.2 muestra las variaciones de voltaje admitidas con respecto al valor del voltaje nominal, en donde:

Subetapa 1: de 24 meses de duración.

Subetapa 2: tendrá su inicio a la finalización de la Subetapa 1, con una duración indefinida.

	Subetapa 1	Subetapa 2
Alto Voltaje	± 7,0 %	± 5,0 %
Medio Voltaje	± 10,0 %	± 8,0 %
Bajo Voltaje. Urbanas	± 10,0 %	± 8,0 %
Bajo Voltaje. Rurales	± 13,0 %	± 10,0 %

Tabla 1.2: Límites de Voltaje⁶

- El número de conductores en un tubo conduit se limita de manera tal que permita un arreglo físico de conductores de acuerdo a la sección del tubo

⁶ REGULACION No. CONELEC – 004/01

conduit o de la canalización, facilitando su alojamiento y manipulación durante la instalación.

5.4.2.2 **Canalizaciones Eléctricas**

Se emplean en las instalaciones eléctricas para contener a los conductores de manera que queden protegidos contra deterioro mecánico y contaminación, además protejan a las instalaciones contra incendios por arcos eléctricos que se presentan en condiciones de corto circuito. Los medios de canalización más comunes en las instalaciones eléctricas son los ductos y tubos conduit.

Se permite un máximo de 30 conductores hasta ocupar un 20% del interior del ducto, en el caso de empalmes o derivaciones puede ser hasta un 75%.

5.4.3 **ILUMINACIÓN**

Debe haber iluminación, con una intensidad mínima de 100 luxes, en todos los espacios de trabajo alrededor de los equipos eléctricos.⁷ El sistema de alumbrado a emplear está determinado en gran medida por la naturaleza del trabajo a realizar, la forma del espacio a iluminar y el tipo de estructura del techo.

5.4.3.1 **Procedimiento y ecuaciones para el cálculo de Iluminación**

a.- Elección del tipo de lámpara.

La lámpara fluorescente se emplea cuando el nivel de iluminación necesario sobre el plano útil de trabajo, ha de alcanzar o sobrepasar los 200 lux sobre todo si la instalación ha de estar funcionando durante un elevado número de horas al año (2000 horas o más).

⁷ Código eléctrico nacional CPE INEN 19:2000 sección 110-34.pag 25

Las lámparas de mercurio de alta presión son económicas por su elevado rendimiento luminoso, y por su larga duración resultan especialmente indicadas para alumbrado directo, con aparatos de alumbrado suspendidos a mucha altura, en las grandes naves industriales. Su elevada potencia unitaria permite aprovechar bien su gran altura de suspensión, separando debidamente los aparatos de alumbrado y disminuyendo, por tanto, el número de estos aparatos.

b.- Elección del sistema de iluminación.

Existen diferentes sistema de iluminación, pero la más apropiada es la iluminación directa, para la obtención económica de altos niveles de iluminación sobre el plano de las mesas y de los puestos de trabajo.

c.- Elección de la altura de suspensión de los aparatos de alumbrado.

La altura de suspensión viene dada por la siguiente ecuación:⁸

$$d = \frac{2}{3}h \quad (1.1)$$

Donde:

d= distancia vertical de los aparatos de alumbrado al plano útil de trabajo, situado, como sabemos, a 0.85 m. del suelo.

h= altura desde el techo a dicho plano útil de trabajo.

d.- Distribución de los aparatos de alumbrado

Para la separación entre los aparatos de alumbrado, la norma a seguir es la siguiente:

$$e \leq 0,9d \quad (1.2)$$

⁸ Enciclopedia CEAC de Electricidad LUMINOTÉCNIA

Donde:

e= distancia horizontal entre dos focos contiguos

d= distancia vertical de los focos al plano útil de trabajo.

Y para los aparatos extremos, la separación máxima a las paredes es:

$$e' = \frac{e}{2} \quad (1.3)$$

Y en los casos particulares que los puestos de trabajo, deben situarse a lo largo de un muro, se adoptará el valor

$$e' = \frac{e}{3} \quad (1.4)$$

e.- Número mínimo de aparatos de alumbrado

$$n = \frac{L+e-2e'}{e} \quad (1.5)$$

L= longitud total del local que se ha de iluminar

$$n' = \frac{A+e-2e'}{e} \quad (1.6)$$

A= anchura total del local que se ha de iluminar

El número mínimo total de aparatos de alumbrado será igual a:

$$N_{min} = n \times n' \quad (1.7)$$

f.- Cálculo del flujo Luminoso total

$$K = \frac{2L+8A}{10H} \quad (1.8)$$

K =Índice del local, resume las relaciones de las tres dimensiones del local.

Flujo luminoso teórico necesario será:

$$\phi = \frac{E \times s \times \delta}{u} = \text{Lúmenes} \quad (1.9)$$

ϕ = flujo luminoso total emitido por las lámparas

E= nivel de iluminación requerido.

s= superficie del local

δ = factor de depreciación, siempre mayor que la unidad.

u= factor de utilización dependiendo del factor de reflexión en paredes y techo.

El Flujo luminoso que han de proporcionar las lámparas, teniendo en cuenta el rendimiento de las mismas se expresa con la siguiente ecuación:

$$\phi_{0} = \frac{\phi}{\eta_A} = \text{Lúmenes} \quad (1.10)$$

5.4.4 ACOMETIDAS.

Son los conductores eléctricos a través de los cuales el servicio se proporciona, y que va desde el último poste de la compañía suministradora y el punto de conexión localizado en la industria. La acometida dependerá de las características de la red y deberá definirse en cada caso por la empresa suministradora, de acuerdo con el reglamento de acometidas eléctricas. Los conductores no deben tener una sección transversal menor a 8,36 mm² (8 AWG) si son de cobre o a 13,29 mm² (6 AWG) si son de aluminio o cobre revestido de aluminio.⁹ Las acometidas pueden ser subterráneas o aéreas.

5.4.5 TABLEROS ELÉCTRICOS

Con el objeto de que el servicio de las instalaciones eléctricas y de distribución se mantenga siempre asegurado, se reúnen los dispositivos de maniobra, los aparatos de medida y de protección en paneles o cuadros de mando, que permiten el accionamiento o vigilancia de los elementos que constituyen la instalación.

⁹ Código eléctrico nacional CPE INEN 19:2000 sección 230-23.pag 67

Estos tableros se encuentran disponibles para cubrir las exigencias de una distribución normal de las instalaciones y de la protección, así como el control de motores (centros de control de motores) para la distribución de la potencia en baja tensión (centros de potencia), para la distribución en media tensión.

5.4.6 MOTORES ELÉCTRICOS

En una empresa industrial los motores eléctricos proporcionan la mayor parte de la potencia consumida por bombas, compresores, ventiladores, etc. Se fabrican muchos tipos de motores eléctricos, cada motor tiene ciertas características de arranque, carga que soporta y velocidad. En una planta industrial se emplean dos tipos de motores los de A.C. y los de D.C. Los motores de D.C se usan únicamente en aplicaciones especiales, tales como en áreas en las cuales no se tiene una fuente constante de energía y por lo tanto tienen que autoabastecerse de la misma.

El tipo más común de los motores de inducción usados en una industria es el motor trifásico de “jaula de ardilla”. Así como también el arranque directo y el arranque estrella triángulo son los más utilizados.

5.4.7 CÁLCULO DE CIRCUITOS DERIVADOS Y ALIMENTADORES PARA ALUMBRADO Y MOTORES ELÉCTRICOS.

Las instalaciones eléctricas comerciales e industriales, básicamente consisten en elementos para: alimentar, controlar y proteger dos tipos de cargas: alumbrado y fuerza. En cualquier instalación eléctrica, los elementos que conducen la corriente eléctrica de las fuentes a las cargas o que interconectan los elementos de control son los conductores.

En la solución de cierto tipo de problemas en las instalaciones eléctricas es necesario calcular el número de circuitos derivados que se requieren para

alimentar una carga dada. El número de circuitos derivados está determinado por la carga y se calcula como:

$$No. de circuitos = \frac{\text{Carga total en Watts}}{\text{Capacidad de cada circuito en watts}} \quad (1.11)$$

Cuando se alimenta a un motor en forma individual (circuito derivado), la capacidad de conducción de corriente de los conductores del circuito derivado debe ser al menos de 125% de la corriente a plena carga del motor.¹⁰

$$I_{TPC} = 1.25 I_{MPC} \quad (1.12)$$

Cuando se alimenta más de un motor, la capacidad de corriente del conductor es la suma de 1.25 veces la corriente a plena carga del motor mayor más la suma de las corrientes a plena carga del resto de motores.

$$I_{TPC} = 1.25 I_{MPC} + \sum I_{MPC} \quad (1.13)$$

Para la protección del alimentador se emplea la siguiente ecuación.

$$P.Alim entador = 2.5x I_{PC} Motormayor + \sum I_{PC} otrosmotor es \quad (1.14)$$

5.4.8 APARATOS DE MEDICIÓN

Para realizar las mediciones eléctricas se utilizan diversos aparatos de medida, que pueden dividirse en cuatro grandes grupos:

- a.- Aparatos indicadores.- en los que una aguja señala, sobre una escala apropiada, la magnitud eléctrica a medir.
- b.- Aparatos registradores.- en los que se anota gráficamente, el curso en el tiempo de la magnitud eléctrica correspondiente.
- c.- Aparatos digitales.- en los que la magnitud eléctrica a medir se indica en una pantalla, en forma de un número decimal.

¹⁰ El ABC de las Instalaciones Eléctricas Industriales – Enríquez Harper, pág. 216.

d.- Aparatos totalizadores.- que indican la energía total suministrada durante cierto tiempo; se les denomina también aparatos contadores o, simplemente, contadores.



Fig.1.3: Aparatos de Medición

5.4.9 ELEMENTOS AUXILIARES O ESPECIALES.

Son dispositivos que actúan para unir, interrumpir, conmutar o seccionar uno o más circuitos eléctricos, siendo estos: interruptores, dispositivos de enchufe, reguladores y fusibles.

5.4.9.1 Interruptores

Son aparatos de maniobra para la conexión, desconexión o cambio de circuitos eléctricos, en forma voluntaria o automática; en las cuales todas las piezas que sirven para la unión o la interrupción están fijamente montadas sobre una base común.

5.4.9.2 Dispositivos de Enchufe

Son aparatos de maniobra con idénticas funciones que los interruptores, a diferencia de que las piezas que sirven para la unión o la interrupción no están montadas conjuntamente.

5.4.9.3 Reguladores

Los reguladores son aparatos de maniobra que sirven para el ajuste o variación de las magnitudes de servicio en los circuitos, con inclusión eventual de su conexión o desconexión.

5.4.9.4 Fusibles

Son aparatos de maniobra destinados a desconectar automáticamente un circuito eléctrico, al rebasarse una determinada intensidad de corriente; lográndose esta acción por fusión del elemento.

5.4.10 PROTECCIONES ELÉCTRICAS

Las protecciones eléctricas tienen como fin proteger al sistema eléctrico (componentes) y en la medida de lo posible, a las personas, de situaciones anormales en el sistema, (cortocircuitos, sobrevoltajes, bajas o altas frecuencias).

5.4.10.1 Requerimientos de las protecciones

- a.- Confiabilidad:** Habilidad para operar correctamente.
- b.- Velocidad:** mínimo tiempo de operación para despejar una falla.
- c.- Selectividad:** mantener la mayor continuidad posible en la alimentación.
- d.- Costo:** máxima protección al menor costo posible.

5.4.10.2 Protección Principal

Es aquella que debe operar ante fallas en su zona asociada, garantizando el despeje total de la falla, lo más rápido posible, y la máxima continuidad del servicio eléctrico.

5.4.10.3 Protección de respaldo

Es aquella que debe operar cuando por cualquier razón, no opera la protección principal, de manera que despeje totalmente la falla y garantice la máxima continuidad de servicio.

5.4.10.4 Sistema de protección a tierra

El objetivo primario de un sistema de puesta a tierra es asegurar la seguridad de personas e instalaciones ante la presencia de sobrecorrientes a tierra mediante la limitación del voltaje a tierra. Un sistema completo de tierra en una instalación eléctrica consta de tres componentes principales: Tierra Física, tierra del Circuito y tierra del Equipo.

a.- Tierra Física

Se conoce también como sistema de electrodos de tierra. Es la conexión física entre un sistema eléctrico y un sistema de electrodos de tierra. Incluye el sistema del electrodo de tierra y todas las conexiones necesarias para realizar una conexión efectiva a tierra.



Fig.1.4: Instalación del electrodo a tierra.

Un sistema de electrodos de tierra o tierra física puede consistir en una varilla, tubería u otro electrodo aprobado por los códigos y normas. Es el sistema el cual se encuentra dispuesto en forma subterránea bajo el nivel del suelo y en contacto directo con la tierra.

b.- Tierra del circuito

Es el conductor conectado a tierra como por ejemplo el neutro del circuito. Tiene como función, en caso de un cortocircuito o falla a tierra, de transportar la corriente desde el sistema eléctrico hasta el electrodo de tierra ó tierra física. En la figura 1.5 es representada mediante el cable o conductor de unión neutro tierra desde la barra de tierra del tablero hasta la tierra física. Es la única conexión del neutro con la tierra que se permite en un sistema eléctrico de distribución de c.a.

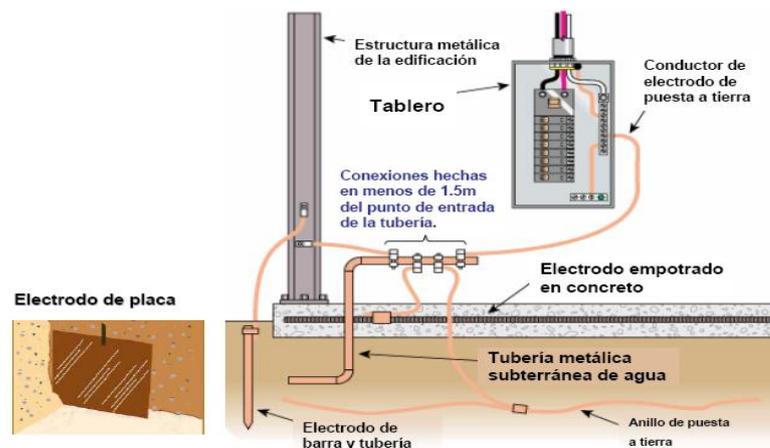


Fig.1.5.- Instalación del electrodo de puesta a tierra del sistema

c.- Tierra del Equipo

Se denomina también tierra de seguridad. Está destinada a la protección del personal y el equipo contra fallas o cortocircuitos. Interconecta las partes metálicas de los equipos, que usualmente no acarrean corriente y así permite mantenerlos a una referencia cero "0" o plano equipotencial. Comúnmente se le denomina "masa" para diferenciarlo de la tierra física. El conductor de puesta a tierra de los equipos de un circuito ramal se debe identificar por un color verde continuo o un color verde continuo con una o más bandas amarillas, excepto si esta desnudo.¹¹

¹¹ Código eléctrico nacional CPE INEN 19:2000 sección 250-80.pag 31

5.5 ELEMENTOS DE LAS INSTALACIONES MECÁNICAS.

5.5.1 INSTALACIONES Y FUERZAS MOTRICES.

Máquina (o grupo de máquinas que funcionan juntas de manera coordinada) movida eléctricamente, que no se puede transportar manualmente mientras está funcionando y que se utiliza para procesar materiales mediante corte, moldeado, presión o técnicas eléctricas, térmicas o ópticas, por laminación o por combinación de estos procesos. Se consideran como parte de la maquinaria industrial los equipos eléctricos asociados a la misma incluyendo los controladores programables cuando existan, con su correspondiente software o soporte lógico y los correspondientes sensores y actuadores.

5.5.2 TEORÍA DE FLUJO DE FLUIDOS EN TUBERÍAS.

5.5.2.1 Viscosidad

La viscosidad expresa la facilidad que tiene un fluido para fluir cuando se le aplica una fuerza externa.

a.- Viscosidad absoluta o dinámica: La unidad de viscosidad dinámica en el sistema internacional (SI) es el pascal segundo expresado como $\left(\frac{N}{m^2} s\right)$ o $\left(\frac{Kg}{ms}\right)$.

b.- Viscosidad cinemática: Es el cociente entre la viscosidad dinámica y la densidad. En el SI la unidad de viscosidad cinemática es el metro cuadrado por segundo (m^2/s).

5.5.2.2 Número de Reynolds

Es la relación de las fuerzas dinámicas de la masa del fluido respecto a los esfuerzos de deformación ocasionados por la viscosidad, determinando si el flujo

es laminar o turbulento, que depende del diámetro de la tubería, de la densidad y la viscosidad del fluido y de la velocidad del flujo.¹²

$$R_e = \frac{Dvp}{u'} \quad (1.15)$$

D= Diámetro interno de la tubería

v= velocidad del flujo

p= densidad del fluido

u'= viscosidad del fluido

Para estudios técnicos, el régimen de flujo en tuberías se considera como laminar si el número de Reynolds es menor que 2100 y turbulento si el número de Reynolds es superior a 4000. Entre estos dos valores está la zona denominada "crítica" donde el régimen de flujo es impredecible, pudiendo ser laminar, turbulento o de transición, dependiendo de muchas condiciones con posibilidad de variación.

5.5.2.3 Factor de Fricción

El factor de fricción para condiciones de flujo laminar ($R_e < 2100$) es función solo del número de Reynolds; mientras que para el flujo turbulento será ($R_e > 4000$) es también función del tipo de pared de la tubería.

$$f = \frac{64}{R_e} \quad (1.16)$$

5.5.2.4 Fórmula de Darcy

La ecuación general de la pérdida de presión, conocida como la fórmula de Darcy y que es expresada en metros de fluido, es:

$$h_L = \frac{f L V^2}{D 2g} \quad (1.17)$$

¹² Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías de CRANE, Capítulo I Pág. 1-5

En donde:

h_L = Pérdida de presión.

f = factor de fricción

L = Longitud de la tubería

V = Velocidad del flujo

D =Diámetro interior de la tubería

g = gravedad

La presión atmosférica normalizada es 1.01325 bar (14.696 libras/pulg²) o 760 mm de mercurio.

5.5.2.5 Flujo límite de gases

La velocidad máxima de un fluido compresible en una tubería está limitada por la velocidad de propagación de una onda de presión que se mueve a la velocidad del sonido en el fluido.

La velocidad máxima en una tubería es la velocidad sónica, expresada como:

$$V_s = \sqrt{\gamma RT} \quad (1.18)$$

Donde:

γ = es el cociente de los calores específicos a presión constante y a volumen constante (ver Anexo 12).

R = constante individual del gas en J/Kg °K

T = temperatura en grados °K del fluido.

5.5.2.6 Pérdida de presión debida a válvulas y accesorios

La pérdida de presión total producida por una válvula (o accesorio) consiste en:

- La pérdida de presión dentro de la válvula
- La pérdida de presión en la tubería de entrada es mayor de la que se produce normalmente si no existe válvula en la línea. Este efecto es pequeño.

- La pérdida de presión en la tubería de salida es superior a la que se produce normalmente si no hubiera válvula en la línea. Este efecto puede ser muy grande.

5.5.2.7 Coeficiente de resistencia K

Se define como la pérdida de altura de velocidad para una válvula o accesorio, la misma pérdida para una tubería se expresa por la ecuación de Darcy:

$$h_L = K \frac{v^2}{2g} \quad (1.19)$$

De donde resulta que:

$$K = \left(f \frac{L}{D} \right) \quad (1.20)$$

5.5.3 SISTEMA DE GENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AIRE COMPRIMIDO.

El aire comprimido es un elemento muy habitual en todo tipo de instalación industrial. Normalmente se emplea para obtener trabajo mecánico lineal o rotativo, asociado al desplazamiento de un pistón o de un motor neumático. En otras ocasiones, se emplea para atomizar o aplicar sprays de barnices o pinturas, que de otra forma son difíciles de bombear.

El compresor aspira aire de la atmósfera y lo comprime en un volumen más pequeño, almacenándolo después normalmente en un depósito (*air receiver*).

5.5.3.1 Tipos de compresores

Los compresores alternativos de pistón pueden clasificarse según el número de etapas y por el modo de trabajar el pistón. Así tendremos:

a.- Compresores de una etapa.- Estos compresores disponen de una simple etapa de compresión. Se componen de un cárter con cigüeñal, pistón y cilindro. Para su refrigeración lleva, en la parte exterior, aletas que evacúan el calor por radiación son utilizados para aplicaciones en donde el caudal sea limitado y en condiciones de servicio intermitente, pues son compresores de pequeñas potencias.

b.- Compresores de dos etapas.- En la primera etapa (de baja presión) se comprime hasta una $P_1 = 2$ a 3 bars, y en la segunda etapa (de alta presión), se comprime hasta una presión de 8 bars. Estos compresores son los más empleados en la industria cubriendo sus caudales una extensísima gama de necesidades.

c.- Pistón de simple efecto.- Se dice que un pistón es de simple efecto cuando trabaja sobre una sola cara del mismo y precisamente aquélla dirigida hacia la cabeza del cilindro.

d.- Pistón de doble efecto.- El pistón es de doble efecto cuando trabaja sobre sus dos caras y delimita dos cámaras de compresión en el cilindro.

5.5.3.2 Sistemas de regulación

La regulación de los compresores tiene por objeto ajustar el suministro de aire cedido por los compresores a la petición de aire real solicitado por los consumos de fábrica.

En los compresores pequeños de 1 a 10 CV de potencia, la regulación se ejerce mediante un sistema de arranque – parada, que puede ser mecánico o electromecánico, permitiendo que el compresor se descargue cuando se ha alcanzado la presión máxima de trabajo prefijada.

Desde el punto de vista energético, es el sistema con menor costo. Por el contrario, el número de arranques debe limitarse a 10 ó 20 por hora, según circunstancias, porque tanto el motor eléctrico como el contactor particularmente

toleran un número acotado de arranques horarios. Cada arranque, en efecto, causa un recalentamiento del motor y de los contactos, que pueden conducir a su fallo.

5.5.3.3 Rendimiento de sistemas de aire comprimido.

El rendimiento de una instalación de aire comprimido depende de algunos factores como:

- Buen funcionamiento de los equipos.
- Cantidad de aire perdido por fugas y escapes.
- Pérdidas excesivas de carga que afectan la potencia de las herramientas y equipos.
- Selección y funcionamiento óptimo de los equipos consumidores de aire comprimido.
- Transmisión de energía con un mínimo de pérdidas.

5.5.3.4 Dispositivos de una red de aire comprimido.

En general una red de aire comprimido de cualquier industria cuenta con:

a.- Filtro del compresor.- Este dispositivo es utilizado para eliminar las impurezas del aire antes de la compresión con el fin de proteger al compresor y evitar el ingreso de contaminantes al sistema.

b.- Compresor.- Es el encargado de convertir la energía mecánica, en energía neumática comprimiendo el aire. La conexión del compresor a la red debe ser flexible para evitar la transmisión de vibraciones debidas al funcionamiento del mismo.

c.- Postenfriador.- Es el encargado de eliminar gran parte del agua que se encuentra naturalmente dentro del aire en forma de humedad.

d.- Tanque de almacenamiento.- Almacena energía neumática y permite el asentamiento de partículas y humedad.

e.- Filtros de línea.- Se encargan de purificar el aire hasta una calidad adecuada para el promedio de aplicaciones conectadas a la red.

f.- Secadores.- Se utilizan para aplicaciones que requieren un aire supremamente seco.

g.- Aplicaciones con sus purgas, unidades de mantenimiento (Filtro, reguladores de presión y lubricador) y secadores adicionales.

5.5.3.5 Tubería

Todo movimiento de un fluido por una tubería produce una pérdida de presión debido a su rugosidad y diámetro asociado. El material más usado en las tuberías de aire es el acero. La identificación es una parte importante del mantenimiento. Según la norma UNE 1063 las tuberías que conducen aire comprimido deben ser pintadas de azul moderado UNE 48 103.

a.- Tubería Principal

Es la línea que sale del conjunto de compresores y conduce todo el aire que consume la planta. Debe tener la mayor sección posible para evitar pérdidas de presión y prever futuras ampliaciones de la red con su consecuente aumento de caudal.

b.- Tuberías Secundarias

Se derivan de la tubería principal para conectarse con las tuberías de servicio. El caudal que por allí circula es el asociado a los elementos alimentados exclusivamente por esta tubería. También en su diseño se debe prever posibles ampliaciones en el futuro.

c.- Tuberías de Servicio

Son las que surten en sí los equipos neumáticos. En sus extremos tienen conectores rápidos y sobre ellas se ubican las unidades de mantenimiento. Debe procurarse no sobrepasar de tres el número de equipos alimentados por una tubería de servicio. Con el fin de evitar obstrucciones se recomiendan diámetros de ½ pulgada o mayores en la tubería.

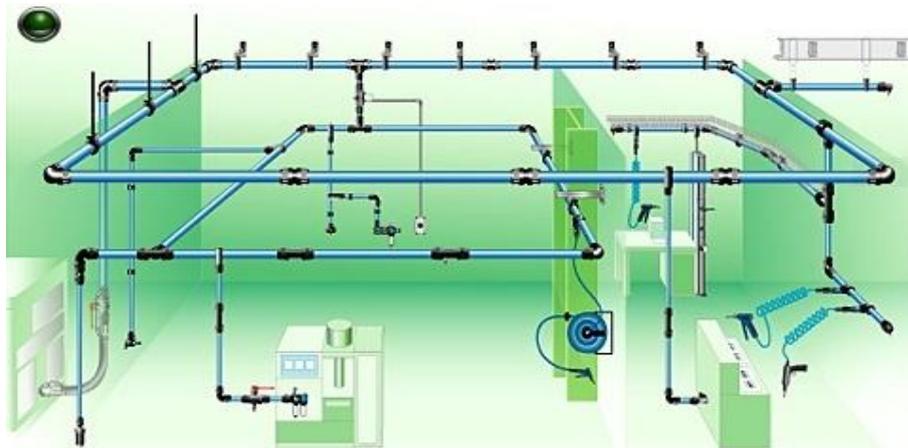


Fig.1.6.- Instalación típica de una red de distribución de aire comprimido.

5.5.3.6 Configuración

a.- Red abierta

Se constituye por una sola línea principal de la cual se desprenden las secundarias y las de servicio. La poca inversión inicial necesaria de esta configuración constituye su principal ventaja. Además, en la red pueden implementarse inclinaciones para la evacuación de condensados. La principal desventaja de este tipo de redes es su mantenimiento.

b.- Red cerrada

La inversión inicial de este tipo de red es mayor que si fuera abierta. Se facilitan las labores de mantenimiento de manera importante puesto que ciertas partes de ella pueden ser aisladas sin afectar la producción.

Una desventaja importante de este sistema es la falta de dirección constante del flujo. La dirección del flujo en algún punto de la red dependerá de las demandas puntuales y por tanto el flujo de aire cambiará de dirección.

c.- Inclinación

En las redes abiertas se debe permitir una leve inclinación de la red en el sentido de flujo del aire. Esto con el fin de facilitar la extracción de los condensados. Dicha inclinación puede ser de un 2%. Al final debe instalarse una válvula de purga.

5.5.3.7 Parámetros de una instalación de aire comprimido¹³

Los parámetros clave que deciden en una instalación de aire comprimido son:

a.- La presión a la cual deseamos trabajar, tanto para el caudal de aire entregado por el compresor como para el de utilización en la red.

b.- El caudal de aire comprimido a suministrar por el compresor, así como el que debe circular por cada zona de trabajo o ramal de distribución.

c.- La pérdida de presión, que se refiere a la pérdida de energía que se va originando en el aire comprimido ante los diferentes obstáculos que encuentra en su desplazamiento hacia los puntos de utilización.

d.- La velocidad de circulación, ya que cuanto mayor es la velocidad de circulación, tanto mayor es la pérdida de presión en el recorrido hasta el punto de aplicación.

5.5.4 RED CENTRALIZADA DE GASES

Para usuarios de gas que necesitan un abastecimiento constante en diversos puntos de su recinto, con un volumen apreciable y en buenas condiciones de

¹³ Aire Comprimido Enrique Carnicer

presión, como ser hospitales o industrias, el mejor método de suministro es una red centralizada.

Este sistema, asegura una operación eficiente y económica, entregando un suministro constante e inmediato, a una presión relativamente baja, lo que lo hace más seguro, evitándose las molestias de transporte y almacenamiento de cilindros de alta presión, con menor factor de riesgo.

5.5.4.1 Ventajas de la red centralizada

- Suministro constante de gas de alta pureza.
- Alta seguridad: porque se trabaja con un sistema a baja presión y con alarmas automáticas.
- Ahorro: se evita el costo de fletes constantes de cilindros, y el tiempo perdido en cambio frecuente de cilindros.
- Economía de espacio: se aprovecha espacios internos antes destinados a cilindros.

5.5.4.2 Desventajas de la red centralizada

- Pérdidas de gas por posibles fugas
- Pérdidas de presión por tuberías y accesorios
- Dependencia del núcleo central

5.5.4.3 Funcionamiento

Las redes pueden ser alimentadas por bancos de cilindros, o termos criogénicos. El tamaño de una instalación está determinado por las necesidades inmediatas del usuario y sus proyectos a futuro.

AGA cuenta con tres tipos de centrales de gas: simples, dobles y semiautomáticas. Las centrales simples manejan un cilindro o un lote por vez. Las

centrales dobles manejan dos cilindros o lotes (o una combinación de ambos) por vez. Cuando el cilindro o lote se encuentra vacío, el cambio debe realizarse manualmente. Las centrales semi-automáticas manejan dos cilindros o lotes por vez, figura 1.7. Cuando la presión en un lado (lado primario) llega al valor pre-establecido el distribuidor "cambia" al otro lado. Esto significa que es posible cambiar los cilindros de gas sin interrumpir el flujo de gas. Luego que los cilindros en el lado primario han sido cambiados, se gira la manija y así se cambia del lado secundario (entrega de gas) al nuevo lado primario.

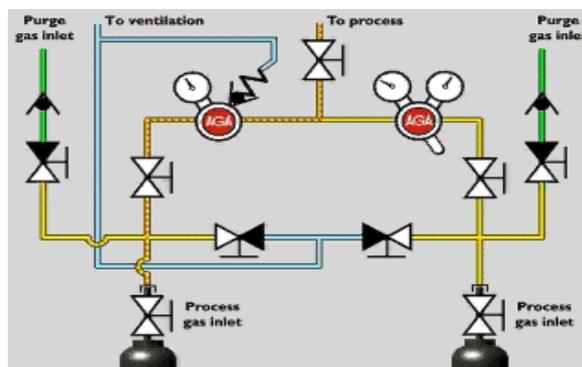


Fig.1.7.- Principio de funcionamiento del Sistema Centralizado de gas argón

Es posible crear un distribuidor totalmente automático, ya sea con válvulas eléctricas o neumáticas pero debido a que los cilindros igualmente deben cambiarse, el costo raramente se justifica.

La red comienza en un regulador de presión, continuando por cañerías que llevan el gas a las distintas salidas de suministro. Controles automáticos regulan el sistema, anunciando caídas de presión por fugas u otras fallas en el suministro.

5.5.4.4 Sistema de entrega de gas AutoSwitch

Es un sistema de entrega de gas para un servicio de gas de alta pureza, generalmente utilizada en procesos de planta, que cambia automáticamente el banco de cilindros o la prioridad de la fuente primaria a la reserva de la oferta sin transmitir fluctuaciones de presión a la línea de uso. Se constituye de

interruptores, luces de aviso, alarma y control remoto por separado para baja presión bancaria y la necesidad para cambiar las botellas agotadas. En la figura 1.8 se muestra un sistema de gas autoSwitch del fabricante CONCOA (controles de gas de precisión), el cual es utilizado en la actualidad por varias empresas en el mundo, con fines de mejoramiento en sus procesos de fabricación.



Fig. 1.8: Módulo de entrega de gas AutoSwitch CONCOA.

5.5.4.5 Producto químico e identificación de la empresa.

Nombre del producto: Argón

Familia química: Gas inerte

Nombre químico: Argón

Fórmula: Ar

Usos: Soldadura de aluminio y titánico por proceso MIG y TIG; soldadura y corte por arco de plasma.

Fabricante: AGA S.A

5.5.4.6 Propiedades físicas y Químicas

Densidad de gas a 0 °C (32 °F), 1 atm: 1.650 kg/m³ (0.103 lbs/ft³)

Punto de ebullición a 1 atm: -185.9 °C (-302 °F)

Punto de congelación / fusión a 1 atm: -189.2 °C (-308.9 °F)

Peso específico de líquido a -80°C (-112°F): 1.38

Peso específico (aire = 1) a 0°C (32°F) : 0.906

Peso molecular: 39.95

Olor umbral: No tiene olor.

Volumen específico del gas a 21.1°C (70°F) 1 atm: 9.7 ft³/lb.

Apariencia y color: Gas incoloro, inodoro y sin sabor.

5.5.4.7 Ventilaciones

El suministro de aire al local donde se encuentren instalados los cilindros de gas argón puede ser realizado en forma directa a través de aberturas permanentes que comunican el local con el aire atmosférico exterior.

5.6 PROCESOS DE SOLDADURA Y CORTE

5.6.1 PROCESO DE SOLDADURA SMAW

Se define como el proceso en que se unen dos metales mediante una fusión localizada, producida por un arco eléctrico entre un electrodo metálico y el metal base que se desea unir.

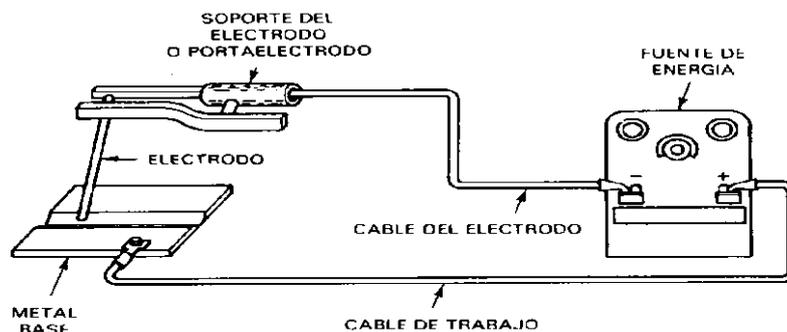


Fig. 1.9: Proceso de Soldadura SMAW.

5.6.2 PROCESO DE SOLDADURA TIG

La sigla TIG corresponde a las iniciales de las palabras inglesas "Tungsten Inert Gas", lo cual indica una soldadura en una atmósfera con gas inerte y electrodo de tungsteno. El procedimiento TIG puede ser utilizado en uniones que requieran alta

calidad de soldadura y en soldaduras de metales altamente sensibles a la oxidación (tales como el titanio y el aluminio). Sin embargo, su uso más frecuente está dado en aceros resistentes al calor, aceros inoxidables y aluminio.

Este método de soldadura se caracteriza también por la ausencia de salpicaduras y escorias (lo que evita trabajos posteriores de limpieza) y por su aplicabilidad a espesores finos (desde 0,3 mm). Cabe destacar que la soldadura TIG puede ser utilizada con o sin material de aporte.

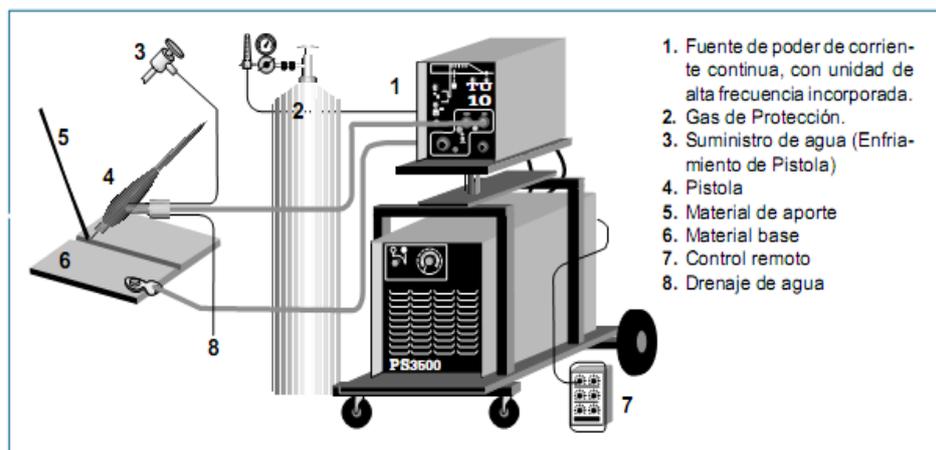


Fig. 1.10: Equipamiento para el proceso de Soldadura TIG.

5.6.3 PROCESO DE SOLDADURA MIG

Es un proceso de soldadura por arco eléctrico, en el cual un alambre es automática y continuamente alimentado hacia la zona de soldadura a una velocidad constante y controlada. El área de soldadura y arco está debidamente protegida por una atmósfera gaseosa que evita la contaminación.

El sistema MIG requiere del siguiente equipo:

1. Una máquina soldadora
2. Un alimentador que controla el avance del alambre a la velocidad requerida.
3. Una pistola de soldar para dirigir directamente el alambre al área de soldadura.
4. Un gas protector, para evitar la contaminación del baño de soldadura.
5. Un carrete de alambre de tipo y diámetro específico.

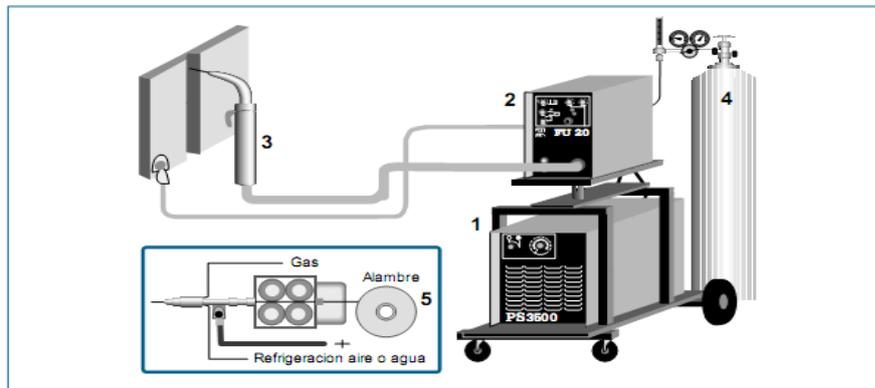


Fig. 1.11: Equipamiento para el proceso de Soldadura MIG.

5.6.4 PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO

Es un proceso automático, en el cual, un alambre desnudo es alimentado hacia la pieza. Este proceso se caracteriza porque el arco se mantiene sumergido en una masa de fundente, provisto desde una tolva, que se desplaza delante del electrodo. De esta manera el arco resulta invisible, lo que constituye una ventaja, pues evita el empleo de elementos de protección contra la radiación infrarroja y ultravioleta, que son imprescindibles en otros casos, empleado para soldar espesores entre 5mm y hasta más de 40 mm de acero al carbono o de baja aleación.

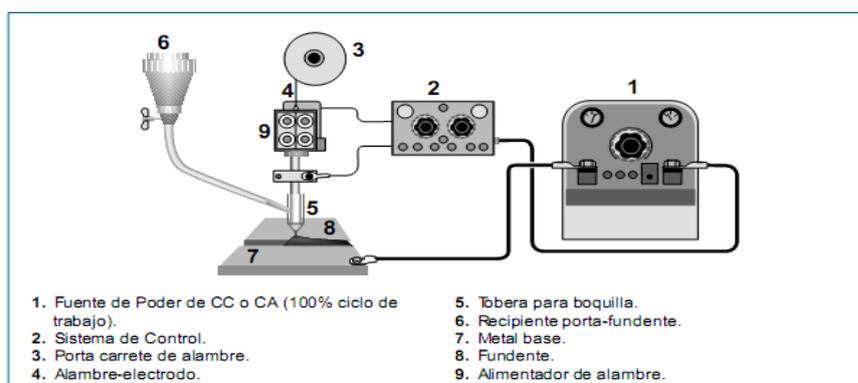


Fig. 1.12: Equipamiento para el proceso de soldadura por arco sumergido.

5.6.5 PROCESO DE SOLDADURA OXIACETILÉNICA

Consiste en una llama dirigida por un soplete, obtenida por medio de la combustión de los gases oxígeno-acetileno. El intenso calor de la llama funde la superficie del metal base para formar una poza fundida. Con este proceso se puede soldar con o sin material de aporte. Es normalmente utilizado para soldar metales de hasta ¼" de espesor.

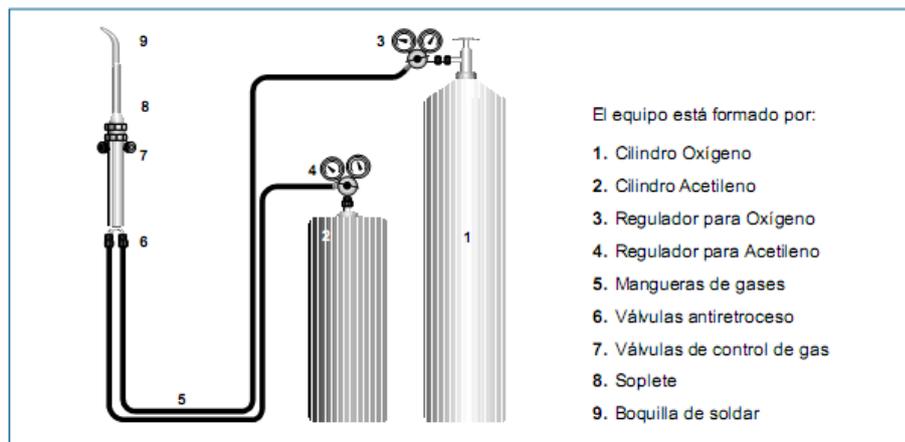


Fig. 1.13: Elementos principales de una instalación móvil de soldadura por gas

5.6.6 CORTADORA POR PLASMA

Corte por plasma es un proceso en el cual hay un arco abierto, muy parecido al proceso TIG, puede contraerse pasando a través de una pequeña boquilla, u orificio, desde el electrodo hasta la pieza de trabajo. El gas utilizado, típicamente aire, se combina con una corriente eléctrica para crear un arco por plasma de alta temperatura. Cuando se pone en contacto con un material eléctricamente conductivo, el arco pasa a través del metal, derritiendo una pequeña área. La fuerza del arco empuja el metal derretido a través de la pieza y cortando el material.

5.7 NORMAS DE CERTIFICACIÓN

5.7.1 ASME

Es una organización profesional sin fines de lucro que posibilita la colaboración, el intercambio de conocimiento, el desarrollo de todas las disciplinas de ingeniería y la promoción del rol esencial del ingeniero en la sociedad. Los códigos y normas de ASME, sus publicaciones, conferencias y programas de educación continua y desarrollo profesional brindan una base para promover el conocimiento técnico y un mundo más seguro.¹⁴

5.7.2 API

Es la principal asociación comercial de los EE. UU., representando cerca de 400 corporaciones implicadas en la producción, el refinamiento, la distribución, y muchos otros aspectos de la industria del petróleo y del gas natural. Las principales funciones de la asociación a nombre de la industria incluyen la defensa, negociación con las agencias gubernamentales, asuntos legales, y negociación con organismos reguladores; investigación de efectos económicos, toxicológicos, y ambientales; establecimiento y certificación de los estándares de la industria, y programas de acercamiento a la comunidad a través de la educación.

5.7.3 3A

El organismo 3-A desarrolla, mantiene y promueve normas uniformes y prácticas para el diseño higiénico y la fabricación de equipos con el objetivo de garantizar la seguridad de producto de los consumidores. Con el propósito de armonizar las normas globalmente, ha crecido para abarcar no solo a fabricantes de productos

¹⁴ <http://es.asme.org/enes/about/>

lácteos, sino también a fabricantes de alimentos y bebidas. Hoy en día, el símbolo 3-A es sinónimo de integridad y credibilidad de seguridad alimentaria.

5.7.4 **TEMA**

La Asociación de manufacturas para intercambiadores tubulares establece los criterios para el diseño, construcción, prueba, instalación y mantenimiento de estos aparatos.

5.7.5 **AWS**

La sociedad Americana de Soldadura es una organización sin ánimo de lucro que está dirigida al avance de la ciencia, tecnología y aplicación de la soldadura y disciplinas relacionadas con acoplamientos y uniones. Sus actividades principales incluyen desarrollo de códigos y normas para la industria de la soldadura, organizar entrenamientos, adelantar certificaciones, distribuir y publicar libros y materiales para los profesionales en soldadura.

5.7.6 **AISC**

Esta certificación de calidad fija los estándares de producción de la industria de estructuras metálicas y confirma que las empresas auditadas y certificadas cuentan con el conocimiento técnico, el personal, el equipo, la experiencia, los procedimientos y el compromiso necesario para producir y exportar estructuras metálicas de calidad.

5.7.7 **ISO 9001**

Es un método de trabajo, que se considera tan bueno, que es el mejor para mejorar la calidad y satisfacción del consumidor. La versión actual, es del año 2000 ISO9001:2000, que ha sido adoptada como modelo a seguir para obtener la

certificación de calidad. Y es a lo que tiende, y debe de aspirar toda empresa competitiva, que quiera permanecer y sobrevivir en el exigente mercado actual.

5.7.8 ISO 14000

Es una acreditación con reconocimiento y validez a nivel internacional, enfocada al establecimiento de un sistema de gestión y de políticas ambientales dentro de una empresa u organización, de manera que se analice, planee, implemente, mida y mejore de manera continua el desempeño ambiental.

Para obtener una certificación es necesario realizar ensayos del producto según la norma aplicable, así como también realizar inspecciones en la fábrica a fin de controlar la producción, toma de muestras y reverificación de ensayos de productos, con el objeto de asegurar que se siguen cumpliendo en el tiempo los parámetros de aprobación y certificación inicial.

5.7.9 OHSAS 18000

Están planteadas como un sistema que dicta una serie de requisitos para implementar un sistema de gestión de salud y seguridad ocupacional, habilitando a una empresa para formular una política y objetivos específicos asociados al tema, considerando requisitos legales e información sobre los riesgos inherentes a su actividad, en este caso a las actividades desarrolladas en los talleres de mecanización.

Estas normas buscan a través de una gestión sistemática y estructurada asegurar el mejoramiento de la salud y seguridad en el lugar de trabajo.

Una característica de OHSAS es su orientación a la integración del SGPRL (Sistema de Gestión de Prevención de Riesgos Laborales), elaborado conforme a ella en otros sistemas de gestión de la organización (Medio ambiente y/o calidad).

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES ELECTROMECAÓNICAS ACTUALES DE LA EMPRESA INDUACERO.

6.1 DESCRIPCION DE LA EMPRESA

INDUACERO CIA. LTDA., es una empresa ecuatoriana dedicada desde 1999 al diseño, fabricaci3n y montaje de equipos e instalaciones industriales.

Su planta ubicada en la ciudad de Latacunga, cuenta con la infraestructura, capacidad y experiencia requerida para satisfacer las necesidades presentadas por industrias de los sectores alimenticios, de bebidas, lácteos, químico/farmacéuticos, petrolero, transporte e industrial en general. Trabaja con más de 200 clientes y vende sus productos a varias industrias nacionales y extranjeras.

Cuenta con procesos programados de calidad continua y control en la construcci3n, cumpliendo con estándares de calidad y construcci3n internacionales: API, 3A, TEMA, AWS, AISC. En la actualidad se proyecta obtener las certificaciones ISO 9000 y ASME (para recipientes de presi3n), que le conducir3 al área petrolera.

Según los planos arquitect3nicos suministrados por la empresa, hoy en día cuenta con un área de trabajo de 2084 m² (ver *Anexo 1*) y debido al continuo desarrollo de la empresa se realizará la construcci3n de una nave de 360 m² y una ampliaci3n en sus instalaciones de 534 m² quedando en su totalidad en un área de trabajo de 2978 m² (ver *Anexo 5*).

La empresa funciona durante los 12 meses del año. Su régimen de trabajo en la parte de planta y en la parte administrativa consiste en 8 horas de lunes a viernes.

6.2 ZONIFICACIÓN DE LA EMPRESA INDUACERO CIA. LTDA.

La primera zonificación se realizó tomando en cuenta la ubicación física; la figura 2.1 muestra el plano de la planta industrial con sus áreas principales, siendo estas:

- 1.- Oficinas de Ingeniería y administración.
- 2.- Cocina
- 3.- Comedor
- 4.- Sección conformado de cabezas para tanques
- 5.- Sección de construcción y montaje de equipos industriales.
- 6.- Bodega General
- 7.- Oficina de Ingeniería y contabilidad
- 8.- Sección corte plegado
- 9.- Sección Máquinas Herramientas
- 10.- Vestidores
- 11.- Taller eléctrico
- 12.- Bodega
- 13.- Transformador

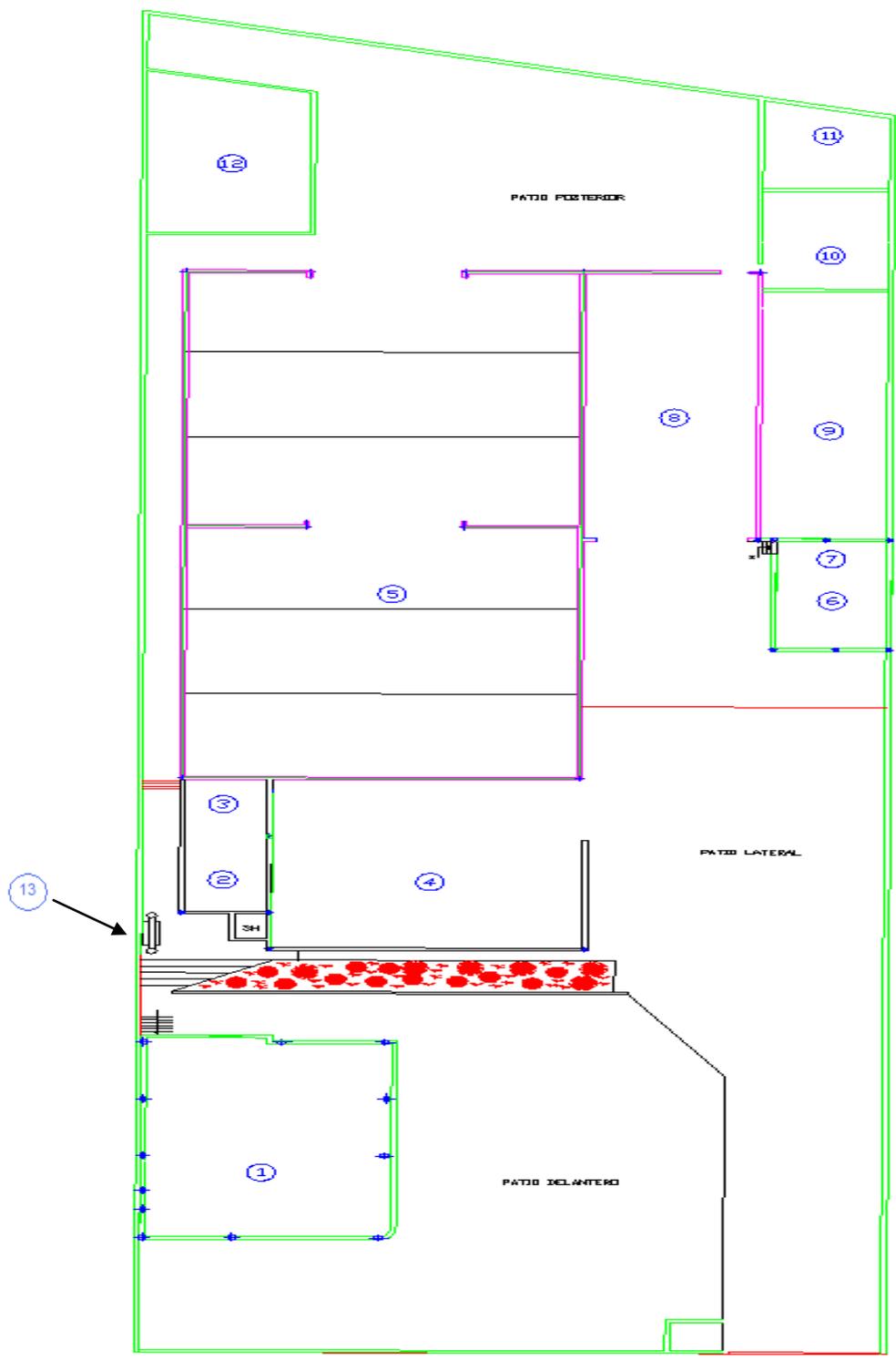


Fig. 2.1: Plano de Ubicación de secciones de trabajo.

6.3 PRODUCTOS Y SERVICIOS VENDIDOS

La mayor parte de la energía adquirida por la planta es transformada en el equipo de fabricación para fines específicos, satisfaciendo las más exigentes necesidades de la industria; alimenticia, láctea, licorera, gaseosa, químico farmacéutica, petrolera, y transporte.

6.3.1 INDUSTRIA ALIMENTICIA

- Pasteurizadoras
- Tanques de dilución
- Tanques aislados
- Silos aislados
- Marmitas
- Tanques refrigerados
- Bandas Transportadoras
- Mezcladores de polvos
- Plataformas
- Autoclaves
- Agitadores
- Instalación de tubería
- Lavadoras de jabas

6.3.2 INDUSTRIA QUÍMICO – FARMACÉUTICA

- Autoclaves
- Intercambiadores de calor

6.3.3 INDUSTRIA DEL TRANSPORTE

- Tanqueros para combustibles (en acero Inoxidable y en acero al Carbono).

- Plataformas, Caravanas
- Volquetas

6.4 PROCESOS DE FABRICACIÓN

La planta industrial Induacero cuenta con procesos programados de calidad continua y control en la construcción. Para ello hemos identificado cada uno de los mismos, clasificándolos como gerenciales, productivos y de apoyo, según el papel que desempeñan.

6.4.1 PROCESOS GERENCIALES

Pertenece a este nivel el proceso de “Control por la Dirección”, en donde se definen las Políticas y objetivos de INDUACERO.

6.4.2 PROCESOS PRODUCTIVOS.

En este nivel se encuentran los procesos de:

- Comercialización
- Compras
- Planificación
- Diseño y desarrollo
- Producción
- Mantenimiento
- Control de calidad
- Despacho.

Todos estos procesos contribuyen en el diseño y fabricación de los productos requeridos por el cliente, cumpliendo con las especificaciones definidas en cada caso.

6.4.3 PROCESOS DE APOYO.

Son los procesos que logran mantener el sistema de gestión de calidad en funcionamiento, pues se aseguran de proporcionar personal competente, controlar la documentación requerida y monitorear los resultados alcanzados. Pertenecen a este grupo los procesos de Recursos Humanos y Gestión de calidad.

6.4.4 MAPA DE PROCESOS

Para tener una visión clara de la secuencia de los procesos, se ha diagramado un mapa de procesos, en donde se identifican todos los procesos del Sistema de Gestión de calidad de la empresa Induacero.

Con el fin de garantizar un cumplimiento sistemático de los compromisos adquiridos INDUACERO ha implementado un sistema de gestión de calidad, basado en el cumplimiento de los requisitos del estándar ISO 9001:2008. Este sistema, les va a permitir identificar, controlar y mejorar de manera continua los procesos, manteniendo un permanente enfoque al cliente.

La dirección de la empresa, a través de la política de calidad, ha expresado su compromiso en materia de calidad; esta política es comunicada dentro de la organización y revisada para su continua adecuación.

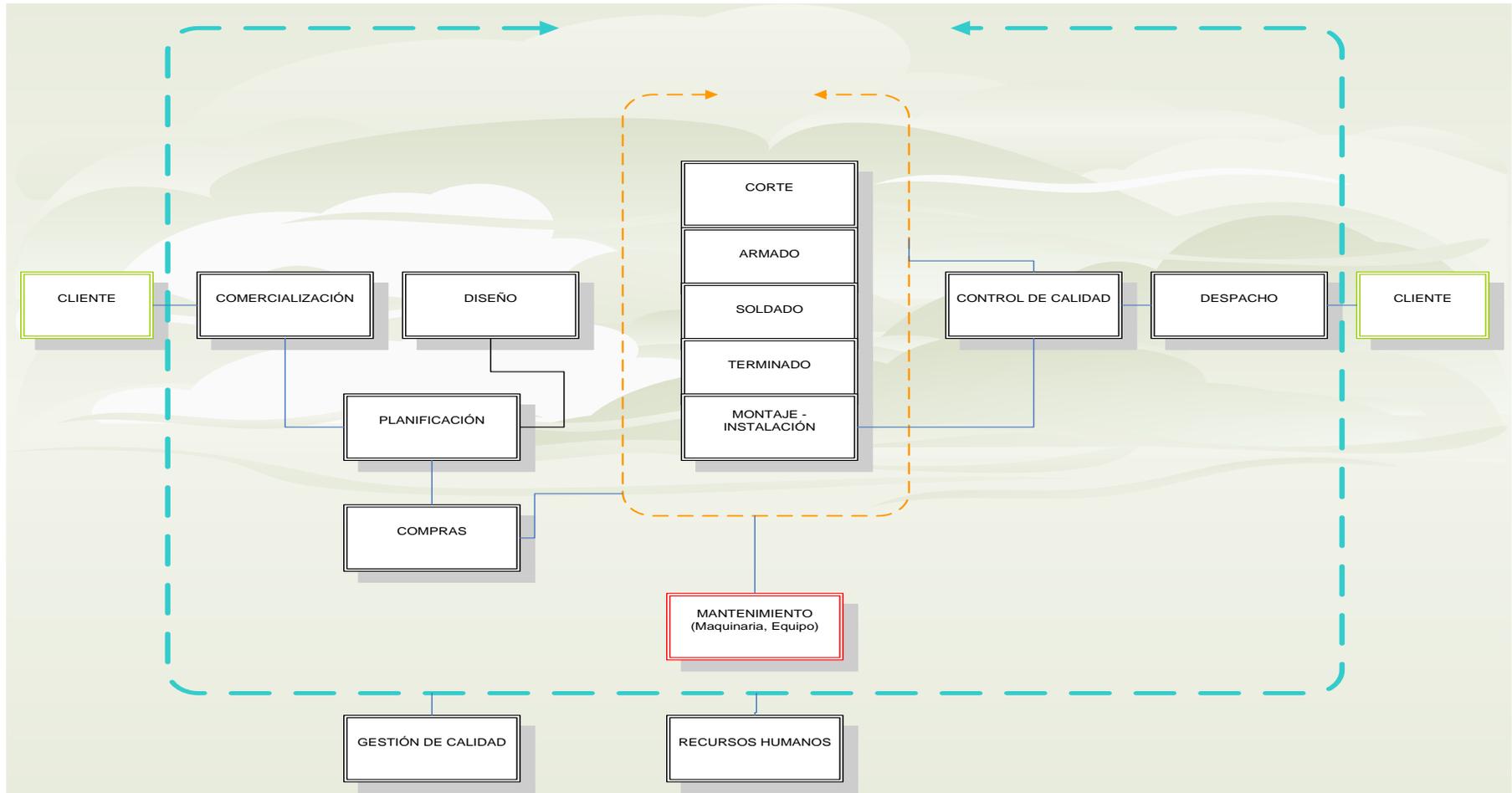


Fig. 2.2: Mapa de Procesos de la empresa Induacero

6.5 LEVANTAMIENTO DE LAS INSTALACIONES ELECTROMECA'NICAS ACTUALES.

Las principales fuentes de energ'ia utilizadas por la empresa Induacero son: energ'ia el'ectrica, energ'ia neum'atica (aire), energ'ia qu'ımica (arg'ın).

Con el objeto de realizar una estimaci'ın sobre la distribuci'ın de los consumidores de energ'ia, se realiz'ı un levantamiento de la cantidad y tipo de cargas que se encuentran instaladas, para lo cual se realiz'ı la actualizaci'ın de los planos arquitect'onicos de la empresa (ver *Anexo 1*), de manera que permita analizar las tendencias de consumo energ'etico y neum'atico de la planta.

A continuaci'ın se detallan brevemente los puntos de consumo de las clases de energ'ia utilizadas.

Energ'ia el'ectrica:

- Fuerza motriz de la maquinaria.
- M'aquinas Soldadoras
- Iluminaci'ın.
- Equipos de oficina.
- Otros consumidores menores (controladores, electrodom'esticos, etc.).

Energ'ia Neum'atica:

- Plasmas
- Turbinas Neum'aticas
- Rebordeadora de tapas
- Pintura
- Sopletes

6.6 SISTEMA ELÉCTRICO

La empresa INDUACERO, es alimentada por el servicio de suministro eléctrico por la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A, desde la Subestación San Rafael (12.5 MVA) por medio de una línea de media tensión de 13.8 KV correspondiente al alimentador primario “El Niágara” con el código 0203 (52R8L13); las diferentes dependencias de la empresa son alimentadas mediante un centro de transformación, y sus características se puede apreciar en la tabla 2.1.

6.6.1 CARACTERÍSTICAS DEL TRANSFORMADOR

Cód. Transformador	6069
Número de Serie	5270899
Conexión	DY5
Capacidad	75 KVA
Voltaje Primario	13.80 KV
Voltaje Secundario	220/127 V
Corriente Secundaria	197 A
Impedancia	3.01%
Fases	TRI Transf. Trifásico

Tabla 2.1: Características del Transformador

6.6.2 PROTECCIONES INSTALADAS EN LA LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN Y EN EL TRANSFORMADOR.

Las protecciones que se encuentran instaladas contra cortocircuitos y sobrecargas en la red de media tensión y en el transformador se las detalla en la tabla 2.2, y se las describe de acuerdo a las principales características eléctricas encontradas en la línea (Ver Diagrama Unifilar *Anexo 2, plano N°2*).

Los dispositivos de protección y seccionamiento han sido instalados de acuerdo al requerimiento del valor máximo de la demanda de diseño.

Tipo de instalación	Voltaje nominal	Tipo de protección y seccionamiento	Valor
Aérea	13.8 KV	3 Pararrayos tipo distribución 3 ϕ	10 KV
		3 Seccionadores Portafusible con Tirofusible	15 KV 3A
		3 Cartucho Fusible (NH)	200 A

Tabla 2.2: Descripción de la protección en el punto de alimentación.

6.6.3 HOJAS TÉCNICAS DE MAQUINARIA.

Se realizó un inventario de motores, lámparas, equipos auxiliares y de oficina en toda la planta y mediante los datos de placa y valores nominales de corriente y voltaje de los equipos se obtuvo la potencia instalada.

El equipo de uso final con mayor representación en el consumo eléctrico, distribuidos por áreas, se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 2.3: Información de Consumo de Equipos.

ÁREA	EQUIPO	MARCA	MODELO	CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS								Grado de
				V	A	kW	Hz	rpm	# Fases	Cos Φ	η	Protección
SECCIÓN CONFORMADO DE CABEZAS PARA TANQUES	Rebordeadora	Furnas	ML	220	28.5	10.5	60	1800	3	0.7	70%	.....
	Motor de Inducción - Puente Grúa	Metalcorte	B71	220	2.9	0.56	60	1680	3	0.70	72%	IP55
	Motor de Inducción - Puente Grúa	Metalcorte	B71	220	2.9	0.56	60	1680	3	0.70	72%	IP55
	Polipasto 2Toneladas	Electric Chain Huist	606624	220	5.4	1.12	60	2.15 m/min	3	.....	.....	.....
	Bomba	SAER	KF/1	120	4.4	0.375	60	3450	1	0.7	70%	IP44
	Prensa Hidráulica	A-JIN-HYDROLIC	.....	220	40	14.7	60	3510	3	.....	.....	.....
	Plasma	CEBORA	PROF122	220	8	3	60	.....	3	.....	100%	IP21
	Plasma	CEBORA	PROF122	220	8	3	60	.....	3	.....	100%	IP21
	Plasma	CEBORA	PROF122	220	8	3	60	.....	3	.....	100%	IP21

Tabla 2.3: Información de Consumo de Equipos. (Continuación)

ÁREA	EQUIPO	MARCA	MODELO	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS								Grado de
				V	A	kW	Hz	rpm	# Fases	Cos Φ	η	Protección
SECCIÓN DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJES DE EQUIPOS INDUSTRIALES	Soldadora	Lincoln	RX 450CD	220	8	3	60	.....	3	0.65	60%	.....
	Soldadora	Lincoln	RX 450	220	8	3	60	.....	3	0.65	60%	.....
	Soldadora	Lincoln	RX 450	220	8	3	60	.....	3	0.65	60%	.....
	Soldadora	Lincoln	RX 450	220	8	3	60	.....	3	0.65	60%	.....
	Soldadora	Lincoln	RX 450	220	8	3	60	.....	3	0.65	60%	.....
	Soldadora	Lincoln	RX 450	220	8	3	60	.....	3	0.65	60%	.....
	Soldadora	Lincoln	RX 450	220	8	3	60	.....	3	0.65	60%	.....
	Soldadora	Miller	CP302	220	10	3.6	60	.....	3	0.7	60%	.....
	Soldadora	Miller	Dialarc 250 AC/DC	220	10	3.6	60	.....	3	0.7	60%	.....
	Soldadora	Miller	Dialarc 250 AC/DC	220	10	3.6	60	.....	3	0.7	60%	.....
	Soldadora- Arco Sumergido	Lincoln	DC 600	220	54	20	60	.....	3	0.65	100%	.....
	Soldadora	Lincoln	SAE 400	220	10	4	60	.....	3	0.65	60%	.....
	Soldadora	Lincoln	SAE 400	220	10	4	60	.....	3	0.65	60%	.....
	Soldadora	Miller	Econotic	220	10	3.6	60	.....	3	0.7	70%	.....
	Soldadora	Miller	Syncrowave 250	220	10	3.6	60	.....	3	0.7	80%	.....
	Soldadora	Miller	Syncrowave 180 SD	220	10	3.6	60	.....	3	0.7	70%	.....
	Soldadora	Miller	Syncrowave 180 SD	220	10	3.6	60	.....	3	0.7	70%	.....
Soldadora	Lincoln	Invertec V350 -PRO	220	8	2.9	60	.....	3	0.7	87%	IP23S	

Tabla 2.3: Información de Consumo de Equipos. (Continuación)

ÁREA	EQUIPO	MARCA	MODELO	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS								Grado de
				V	A	kW	Hz	rpm	# Fases	Cos Φ	η	Protección
SECCIÓN DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJES DE EQUIPOS INDUSTRIALES	Soldadora	Lincoln	Invertec V350 -PRO	220	8	2.9	60	.....	3	0.7	87%	IP23S
	Soldadora	Lincoln	Invertec V350 -PRO	220	8	2.9	60	.....	3	0.7	87%	IP23S
	Soldadora	Lincoln	Invertec V350 -PRO	220	8	2.9	60	.....	3	0.7	87%	IP23S
	Soldadora	Lincoln	RX 520CD	220	8	2.9	60	.....	3	0.65	70%	.....
	Soldadora	CEBORA	.....	220	10	3.6	60	.....	3	0.7	.....	IP23C
	Soldadora	CEBORA	.....	220	10	3.6	60	.....	3	0.7	.....	IP23C
	Soldadora	Miller	Spectrum 701	220	10	3.6	60	.....	3	0.7	.....	.....
	Motor de Inducción-Posicionador de Tanques	.....	.....	220	2.1	0,375	60	.....	3	.....	.....	.....
	Baroladora	.....	SEW USOMEDF7412	220	15.9	3,75	60	1420	3	.....	.....	.....
	Baroladora	.....	.....	220	23	5,6	60		3	.....	.....	.....
	Compresor	Campell	C1103120 HMS	220	25.30	7,46	60	1760	3	.....	.....	.....
	Compresor	SCHULZ	.....	220	12.8	3,73	60	3495	3	.....	.....	.....
	Compresor	Coleman	CL 76016	220	15	2,24	60	3450	3	.....	.....	.....
	Motor - Polipasto	.....	.....	220	20	5,4	60	1680	3	.....	0.7	IP55
	Motor - Polipasto	.....	.....	220	3.37	0,9	60	1680	3	.....	0.7	IP55
	Esmeril	DAH SHING	G-6C	120	2	0,19	60	3600	1	.....	.....	.....
	Motor - Bomba	Siemens	1RF3098-2YB99	220	10	2,24	60	3450	3	.....	0.7	.....

Tabla 2.3: Información de Consumo de Equipos. (Continuación)

ÁREA	EQUIPO	MARCA	MODELO	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS								Grado de
				V	A	kW	Hz	rpm	# Fases	Cos Φ	η	Protección
SECCIÓN CORTE PLEGADO	Cizalla	Ferry b.bb	CH-305	220	29	7,5	60	.....	3	0.8	70%	IP55
	Plegadora	HACO	.....	220	40	11,2	60	.....	3	0.8	80%	IP55
	Lijadora para planchas	U.S. Motors	FUT AD-81	220	8	2,24	60	1765	3	0.8	.....	.....
SECCIÓN MÁQUINAS HERRAMIENTAS	Fresadora	HOMGE	BC-1100	220	7.5	2	60	.....	3	0.8	.....	.....
	Torno	Logan	FEL-3212064C	220	44	11,2	60	.....	3	0.75	70%	.....
	Torno	CEM	Patent 136381	220	10	2,24	60	1400	3	0.75	70%	.....
	Sierra	Logan	Y90C-4	220	7.1	1,5	60	1680	3	0.75	85%	.....
	Esmeril	Dewalt	DW758	120	4.2	0,6	60	3600	1	0.8	.....	.....
	Taladradora Vertical	Morgan	MD-20MM	220	2.1	0,375	60	.....	3	0.8	.....	.....
	Taladradora Vertical	Alzmetall	AB4	220	10	2,24	60	.....	3	0.8	.....	.....
	Cepilladora	.....	.....	220	10	2,24	60	.....	3	0.75	.....	.....

Tabla 2.3: Información de Consumo de Equipos. (Continuación)

ÁREA	CANTIDAD	EQUIPO	MARCA	MODELO	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS								Grado de Protección
					V	A	kW	Hz	rpm	# Fases	Cos Φ	η	
EQUIPOS EN BODEGA *	1	Taladradora de 1/2" Velocidad variable reversible	DEWALT	*****	127	7.8	0.6	60	850	1	0,85	90%	
	1	Taladradoras de Percusión	BOSCH	GSB13RE	127	4.8	0.55	60	375	1	0,85	90%	
	1	Taladradora de Percusión	DEWALT	DW 138	127	10	1.1	60	375	1	0,85	90%	
	2	Taladradora de Percusión	BOSCH	GBM16-2	127	5	0.6	60	1200	1	0,85	90%	
	1	Taladradora de Percusión	BOSCH	GSB16RE	127	5.6	0.65	60	3000	1	0,85	90%	
	1	Taladradora Manual	BOSCH	*****	127	10.7	1.15	60	1600	1	0,85	90%	
	1	Taladradora para concreto	HILTI	TE16-C	127	7	0.8	60	750	1	0,85	90%	
	1	Taladradora	DEWALT	DW508-B3	127	4.8	0.55	60	42000	1	0,85	90%	
	1	Taladradora	DEWALT	DW 2356	127	7.8	0.6	60	42000	1	0,85	90%	
	5	Taladradora	BOSCH	GBM23-2	127	10.7	1.15	60	1640	1	0,85	90%	
	1	Sierra Caladora	DEWALT	DW 318K	127	4.5	0.48	60	2700	1	0,85	90%	
	1	Sierra Caladora	DEWALT	DW 892	127	3	0.384	60	2700	1	0,85	90%	
	1	Sierra Circular	DEWALT	DW352-B3	127	12	1.4	60	5800	1	0,85	90%	
	1	Rectificadora	BOSCH	GG27L	127	4.9	0.5	60	27000	1	0,85	90%	
	2	Rectificadoras de Matriz	DEWALT	DW887	127	3	0.35	60	25000	1	0,85	90%	
	1	Lijadora	POWER TOOLS	B-5421	127	7	0.85	60	320	1	0,85	90%	
	1	Tronzadora	DEWALT	DW870	127	15	2.47	60	6500	1	0,85	90%	
	2	Amoladoras	DEWALT	D28494W-B3	127	15	2.3	60	6500	1	0,85	90%	
	4	Amoladoras	DEWALT	DW 494	127	15	2	60	6000	1	0,85	90%	

*Los equipos de Bodega no se toman en cuenta para la determinación de la potencia instalada.

Tabla 2.3: Información de Consumo de Equipos. (Continuación)

ÁREA	CANTIDAD	EQUIPO	MARCA	MODELO	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS								Grado de Protección
					V	A	kW	Hz	rpm	# Fases	Cos Φ	η	
EQUIPOS EN BODEGA *	1	Amoladora	BOSCH	GWS25-230	127	20.8	2.5	60	6500	1	0,85	90%	
	1	Amoladora	DEWALT	DW852-B3	127	19.5	2.2	60	6300	1	0,85	90%	
	3	Amoladoras	BOSCH	GWS24-180	127	19.9	2.4	60	8500	1	0,85	90%	
	2	Amoladoras	BOSCH	GWS6-115	127	5.6	0.67	60	11000	1	0,85	90%	
	5	Amoladoras	BOSCH	GWS7-115	127	6	0.71	60	11000	1	0,85	90%	
	8	Amoladoras	BOSCH PROF	GWS7-115	127	6.2	0.75	60	11000	1	0,85	90%	
	12	Amoladoras	BOSCH	GWS20-180	127	17.2	2	60	8500	1	0,85	90%	
	5	Amoladoras	BOSCH	GWS23-180	127	19.1	2.3	60	8500	1	0,85	90%	
	3	Termos de electrodos	*****	*****	127	0.8	0.1	60	*****	1	0,85	90%	
	1	Cortador Automático de Gas	Koike	1K-12BEETLE	127	0.8	0.1	60	*****	1	0,85	90%	

*Los equipos de Bodega no se toman en cuenta para la determinación de la potencia instalada. Se realizó dichas tablas por pedido de la empresa Induacero.

Tabla 2.4: Información de Iluminación

ÁREA	TIPO	MARCA	CANT.	POTENCIA (W)	POTENCIA TOTAL (kW)	NIVEL DE ILUMINACIÓN (Lux)	ALTURA PROMEDIO (m)	HORARIO DE FUNC. Horas/Día		DÍAS DE FUNC. AL MES
								07:00 / 22:00	22:00 / 07:00	
SECCIÓN CONFORMADO DE CABEZAS PARA TANQUES	Mercurio de alta presión	METALIGHT	4	250	1	100	3.2	2		20
	Fluorescente	SYLVANIA	1	40	0,04	100	2.2	2		22
SECCIÓN DE CONSTRUCCION	Mercurio de alta presión	METALIGHT	6	1500	9	120	14	3		20
SECCIÓN CORTE PLEGADO	Mercurio de alta presión	METALIGHT	3	250	0,75	300	12	10		22
	Fluorescente	SYLVANIA	4	40	0,16	300	12	10		22
MÁQUINAS HERRAMIENTAS	Fluorescente	SYLVANIA	11	40	0,44	400	2.2	10		22
	Incandesentes	OSRAM	3	60	0,18	400	1.8	8		22
TALLER ELÉCTRICO	Incandesentes	OSRAM	1	60	0,06	96	2.2	7		22
VESTIDORES	Fluorescente	SYLVANIA	3	40	0,12	100	2.2	10		22
BODEGA	Fluorescente	SYLVANIA	7	40	0,28	308	2.2	10		22
OFICINA DE INGENIERÍA	Fluorescente	SYLVANIA	37	40	1,48	110	2.2	10		22
OFICINA JEFE DE TALLERES	Fluorescente	SYLVANIA	10	40	0,4	110	2.2	10		22
VIVIENDA	Incandesentes	OSRAM	3	60	0,18	100	2.2	4	2	30
COMEDOR	Incandesentes	OSRAM	4	60	0,24	100	2.2	2		20
RÓTULO	Reflectores de Cuarzo		4	500	2	400	3	3	7	30
HORNO DE ELECTRODOS	Inflarrojos		12	250	3		2	10	14	30
PATIO LATERAL	Mercurio de alta presión	METALIGHT	1	1500	1,5	120	14	1		20
PATIO DELANTERO	Mercurio de alta presión	METALIGHT	1	1500	1,5	120	4	1		20

Tabla 2.5: Información de Equipos de Oficina

INFORMACIÓN DE EQUIPOS DE OFICINA							
EQUIPO	CANT.	POTENCIA (W)	POTENCIA TOTAL (kW)	REGULACIÓN (1=SÍ ; 0=NO)	HORARIO DE FUNC. Horas/Día		DÍAS DE FUNC. AL MES
					07:00 / 22:00	22:00 / 07:00	
PC (Monitor y CPU)	12	500	6	1	10		22
Impresora	1	20	0,02	1	10		22
Fax	2	50	0,1	0	10		22
Radio	6	10	0,06	0	10	2	25
Televisión	3	168	0,504	0	8		25
Teléfono	4	50	0,2	0	15	9	25
Refrigerador	2	135	0,27	0	15	9	30

6.6.4 LEVANTAMIENTO DE DIAGRAMAS UNIFILARES DE BAJA TENSIÓN.

Con la finalidad de realizar un estudio detallado de la energía, es necesario zonificar el consumo eléctrico de planta por tableros y subtableros, el levantamiento se inició desde el tablero de distribución principal de baja tensión correspondiente al transformador de 75 KVA, hasta el final de las derivaciones de las cajas de interruptores o tableros secundarios más próximos a los puntos de carga (ver *Anexo 2*).

6.6.4.1 Protecciones Instaladas

Las protecciones del sistema de baja tensión corresponden a voltajes comprendidos entre 220/127 V 3ϕ , por ejemplo interruptores termomagnéticos, y fusibles requeridos para la protección contra sobrecorrientes y fallas originadas en el circuito secundario, las protecciones empleadas en cada uno de los circuitos se las pueden apreciar en los diagramas unifilares del *Anexo 2 (Planos 3-10)*.

6.6.4.2 Puesta a tierra

Para verificar la resistencia del electrodo de puesta a tierra de la empresa Induacero se realizó la siguiente prueba de medición.

Instrumento de Medición: Telurómetro AEMC

Modelo: 4630

Condición del suelo: Seco

Tipo de suelo: Arenoso

Profundidad de la barra: 3m

Distancia del electrodo Z: 40m

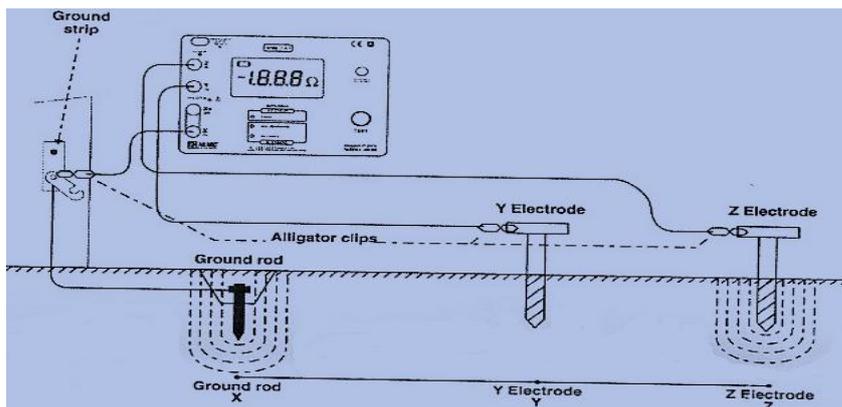


Fig. 2.3: Medición de la puesta a tierra con el Telurómetro

Tabla 2.6: Resultados obtenidos de la Medición de puesta a tierra.

Distancia del Electrodo Y en m	Medición de la resistencia en Ohmios
20	16
25	13.8
30	12.5
35	15.8

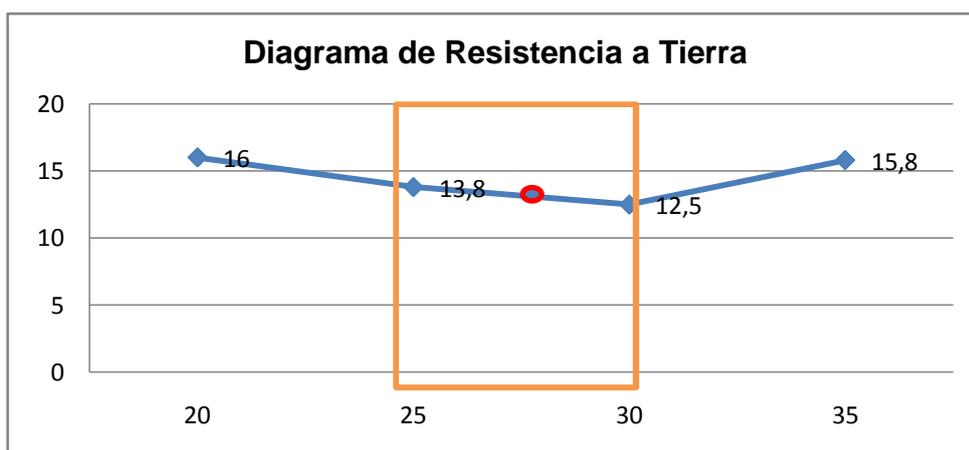


Fig. 2.4: Diagrama de Resistencia a Tierra

Resistencia del Electrodo a tierra = **13 Ω**

6.6.5 OBTENCIÓN DE LA CURVA DE CARGA.

El análisis de consumo de energía se efectuó durante el lapso de una semana, en intervalos de medición de 10 minutos (ver Anexo 3), tiempo en el cual se hace perceptible la curva de carga que regularmente se presenta durante los períodos de trabajo, el equipo empleado fue el analizador de calidad de energía eléctrica trifásica PowerPad modelo 3945-B.

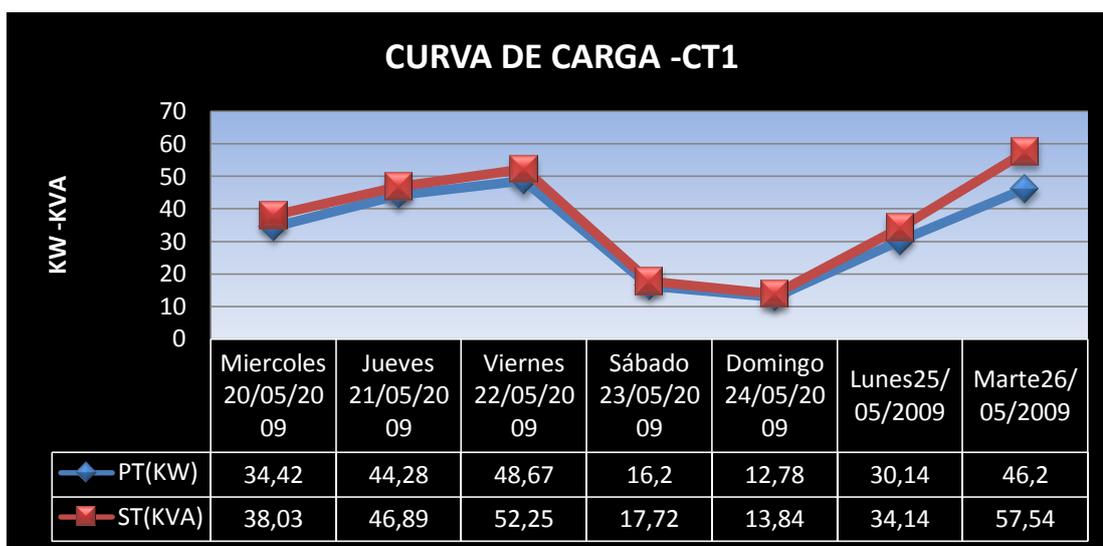


Fig. 2.5: Curva de carga Centro de Transformación (Ver Anexo 3)

6.6.6 CAPACIDAD DE RESERVA DEL TRANSFORMADOR.

Mediante los resultados obtenidos en el literal anterior procedemos a la determinación de la carga instalada, la sumatoria de la carga está en función de la Potencia Aparente y corresponde al resultado de la suma de todos los tableros de distribución secundarios (ver Anexo 2, plano N° 2). A continuación se efectúa una analogía comparativa entre los KVA utilizados y los disponibles con el fin de dar a conocer la capacidad de reserva del transformador.

Centro de Transformación	KVA carga instalada	KVA máx. Utilizados	% Cargabilidad	% CT Disponible
CT1 – 75 KVA	197.03	57.54	76.72 %	23.28%

Tabla 2.7: Capacidad de reserva del transformador.

6.6.6.1 Calidad de energía.

Los resultados obtenidos por el analizador de carga AEMC 3945 en las mediciones realizadas en el centro de transformación se muestran en el Anexo 3, y su análisis se expone a continuación.

Tabla 2.8: Calidad de energía CT1 (ver Anexo 3)

Parámetros		Valores Medidos			Valores Nominales	Valores Permitidos	Observación
		Mínimo	Máximo	Promedio			
Frecuencia	(Hz)	59.93	60.09	59.99	60	$\pm 1\%$ ¹⁵	CUMPLE
Voltaje Vrms	L1	121.3	129.3	126.3	127	$\pm 8\%V_n$ ¹⁶	CUMPLE
	L2	119.6	127.8	125.0	127	$\pm 8\%V_n$	CUMPLE
	L3	119.9	128.3	125.2	127	$\pm 8\%V_n$	CUMPLE
Voltaje Urms	L1	209.5	222.6	217.8	220	$\pm 8\%V_n$	CUMPLE
	L2	206.0	220.9	216.0	220	$\pm 8\%V_n$	CUMPLE
	L3	210.4	223.9	218.5	220	$\pm 8\%V_n$	CUMPLE
Distorsión Armónica VTHD %	L1	0.00	2.80	0.80		$\leq 8\%$ ¹⁷	CUMPLE
	L2	0.00	3.40	0.94		$\leq 8\%$	CUMPLE
	L3	0.00	3.30	0.99		$\leq 8\%$	CUMPLE
Distorsión Armónica UTHD %	L1	0.20	2.90	0.89		$\leq 8\%$	CUMPLE
	L2	0.30	3.40	1.04		$\leq 8\%$	CUMPLE
	L3	0.10	2.80	0.91		$\leq 8\%$	CUMPLE
Distorsión Armónica ATHD %	L1	4.60	50.50	11.70		$\leq 8\%$ ¹⁸	Fuera de rango
	L2	4.70	77.10	12.91		$\leq 8\%$	Fuera de rango
	L3	5.30	50.50	13.18		$\leq 8\%$	Fuera de rango
Desbalance de Fases	Vunb%	0.10	1.40	0.64		$< 2\%$ ¹⁹	CUMPLE
	Aunb%	0.3	53.60	14.25		$< 40\%$ ²⁰	CUMPLE
Fliker Vflik	L1	0.16	2.05	0.46		< 1	CUMPLE
	L2	0.16	1.94	0.44		< 1	CUMPLE
	L3	0.16	1.90	0.45		< 1	CUMPLE
Factor de Potencia PF	L1	0.885	0.978	0.951		> 0.92 ²¹	CUMPLE
	L2	0.783	0.97	0.891		> 0.92	CUMPLE
	L3	0.858	0.955	0.92		> 0.92	CUMPLE

¹⁵ Norma UNE EN 50 160

¹⁶ Regulación No. CONELEC-004/01

¹⁷ Regulación No. CONELEC-004/01

¹⁸ Regulación No. CONELEC-003/08 (IEEE 519)

¹⁹ Norma IEC 61000-2-2, norma IEEE 1159

²⁰ IEEE Standard 1159

²¹ Empresa Eléctrica Cotopaxi

El límite permitido para contenido armónico de corriente según la IEEE 519 se calculó de la siguiente manera y una tabla con los límites señalados en la norma se indica a continuación:

Tabla 2.9: Límites para contenido armónico de corrientes (IEEE 519)

Valores de I_h en porcentaje de I_c

$V_n \leq 69 \text{ kV}$

I_{cc} / I_c	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	TDD
< 20	4.00	2.00	1.50	0.60	5
20 – 50	7.00	3.50	2.50	1.00	8
50 - 100	10.00	4.50	4.00	1.50	12
100 - 1000	12.00	5.50	5.00	2.00	15
> 1000	15.00	7.00	6.00	2.50	20

$69 \text{ kV} < V_n \leq 161 \text{ kV}$

< 20	2.00	1.00	0.75	0.30	2.5
20 – 50	3.50	1.75	1.25	0.50	4
50 - 100	5.00	2.25	2.00	1.25	6
100 - 1000	6.00	2.75	2.50	1.00	7.5
> 1000	7.50	3.50	3.00	1.25	10

$V_n > 161 \text{ kV}$

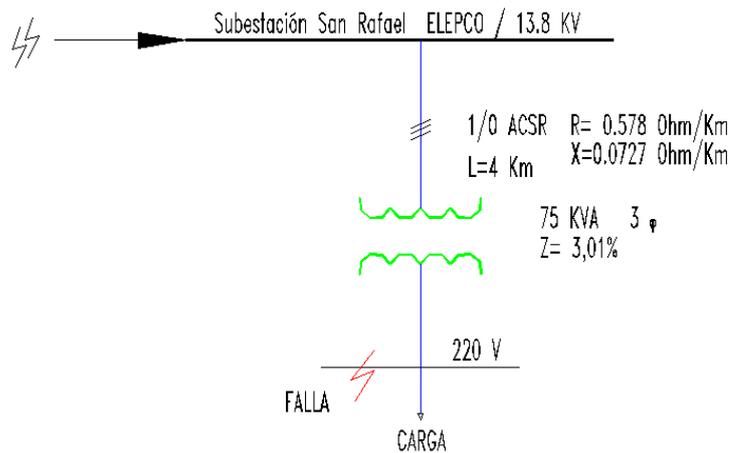
< 50	2.00	1.00	0.75	0.30	2.5
≥ 50	3.50	1.75	1.25	0.50	4

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito utilizamos el método de los MVA. Para utilizar este método, cada elemento en el circuito se convierte a un valor en MVA y la red se reduce tratando cada valor como una admitancia.²²

a) Nivel de cortocircuito de la Subestación San Rafael

$$MVA_{CC} = 380^{23}$$

$$I_{CC} = 15885 \text{ A a } 13.8 \text{ KV}$$



b) Cable de Potencia

Calibre: 3/0 ACSR

$$R = 0,578 \frac{\Omega}{Km}$$

$$X = 0,0727 \frac{\Omega}{Km}$$

Longitud 4 Km

$$MVA_{CC} = \frac{KV^2}{z(\Omega)} \quad (2.1)$$

$$R = 0.578 \frac{Ohm}{Km} * 4Km = 2.312 \text{ Ohm}$$

$$X_L = 0.0727 \frac{Ohm}{Km} * 4Km = 0.29 \text{ Ohm}$$

$$MVA_{CC} = \frac{13.8^2}{(\sqrt{(2.312^2 + 0.29^2)})} = 81.73 \text{ MVA}$$

c) Transformador de 75KVA

Z= 3.01%

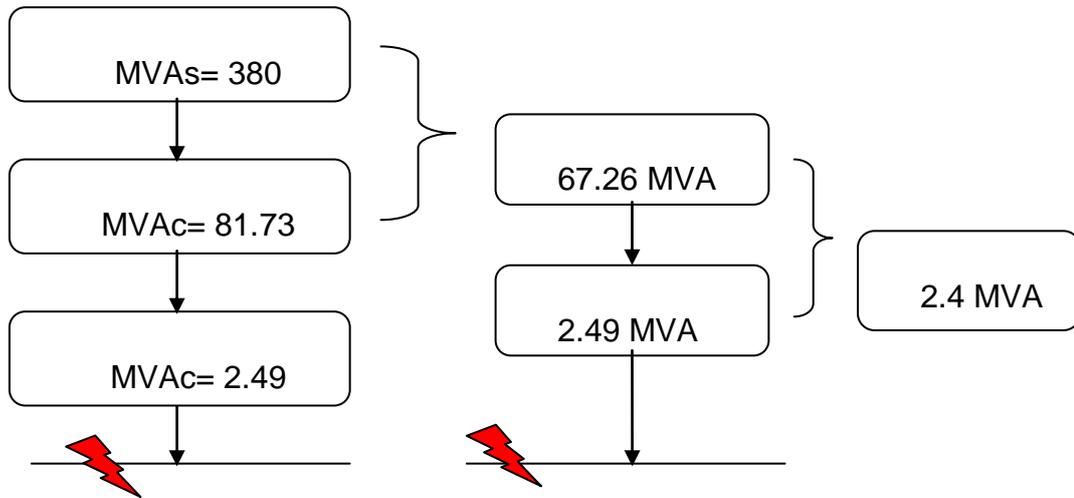
$$MVA_{Transformador} = \frac{MVA}{Z_{pu}} \quad (2.2)$$

$$MVA_{Transf.} = \frac{0.075MVA}{0.0301} = 2.4917 \text{ MVA}$$

²² Elementos de Diseño de las Instalaciones Eléctricas Industriales. Enríquez Harper

²³ Dato proporcionado por ELEPCO.

d) Cálculo



Combinando los elementos en serie:

$$\frac{MVA_S * MVA_C}{MVA_S + MVA_C} = \frac{380 MVA * 81.73 MVA}{380 MVA + 81.73 MVA} = 67.26 MVA$$

$$\frac{67.26 MVA * 2.4917 MVA}{67.26 MVA + 2.4917 MVA} = 2.4 MVA$$

$$I_{CC} = \frac{KVA_{CC}}{\sqrt{3} * 220} = \frac{2400}{381.05} = 6 kA \quad (2.3)$$

Para determinar los límites de distorsión total de demanda (TDD), en los diferentes puntos del sistema, se hallaron las relaciones I_{cc} / I_c en dichos puntos de monitoreo. Esta relación comprende la corriente de corto circuito en dicho punto y la corriente de demanda máxima sostenida por un periodo de 15 minutos.

Las corrientes de cortocircuito corresponden a fallas trifásicas balanceadas simuladas en los mismos puntos de monitoreo, mediante el software **Neplan**, para determinar el tamaño relativo del sistema y tomar esto como referencia al momento de establecer los límites de distorsión de corriente armónica en los diferentes puntos de la red.

Lado de baja - transformador 75 kVA - 220 V

Corriente de cortocircuito (calculado y simulado): 6 kA

Corriente máxima sostenida (calculado): 197 A

$$I_{cc} / I_c = 6000 / 197 = 30.45$$

Tamaño relativo del sistema con respecto a la carga, este valor se encuentra entre 20 - 50, lo cual determina un TDD de **8%** según la norma IEEE 519.

Se presenta un alto porcentaje de distorsión armónica de corriente dado que actualmente en las instalaciones alimentadas por este centro de transformación, puede encontrarse un gran número de cargas no lineales como: máquinas soldadoras, computadoras personales, lámparas fluorescentes, etc., las que introducen un alto espectro de armónicos de corriente a la red de distribución.

6.7 SISTEMA NEUMÁTICO

6.7.1 LEVANTAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN NEUMÁTICA DE LA EMPRESA INDUACERO.

El levantamiento se inició desde la cámara de compresión comprendida de dos compresores a una presión de 120 psi cada uno distribuida por una tubería de acero galvanizado (ANSI) cédula 40 de ½ pulgada de diámetro realizando un dibujo esquemático de la tubería y la ubicación de los puntos de consumo.

(Ver Anexo 4).

6.7.1.1 Consumo de aire

Tabla 2.10: Consumo de aire.

No. De Máquinas o Herramientas	Características	Consumo Unitario, l/min	Consumo total, l/min	Tiempo de Utilización en horas	Trabajo continuo (c) o intermitente (i)	Presión de trabajo en PSI
1	Rebordeadora de tapas	200	200	8	i	120
3	Plasma Prof 122	220	660	8	c	72,5
2	Pistolas para pintar	150	300	5	i	120
1	Pistolas limpieza	50	50	1	i	120
1	Turbina Neumática	100	100	5	i	120
		TOTAL:	1310 l/min			

6.7.1.2 Pérdidas de Presión

Tabla 2.11: Pérdidas de Presión.

Número	Designación	g/cm2
1	Filtro de Aceite	150
1	Equipos de Acondicionamiento (Filtro regulador)	150
1	Filtro	150
1	Regulador	150
1	Filtro Regulador Lubricador	150
1	Red de Tubería	140
	Total:	890 o 12,9 psi

CAPITULO III

REDISEÑO Y DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELECTROMECAÓNICAS

8.1 ESTUDIO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE BAJA TENSIÓN

El estudio de la red de baja tensión se lo realizó a partir de la información adquirida en la empresa Induacero, de manera que se alcance un rediseño y una optimización de los circuitos de alimentación que garantice el normal funcionamiento de cada una de las dependencias.

El análisis del sistema de baja tensión está enfocado en cinco aspectos fundamentales para el rediseño y diseño, como son:

- a. Selección de conductores
- b. Selección de Protecciones
- c. Planos eléctricos de cada una de las dependencias de la empresa.
- d. Circuitos alimentadores para motores eléctricos
- e. Diseño de iluminación.

De los resultados que se obtengan en el estudio de estos parámetros se definirá si se confirma o se cambia el calibre o el tipo de conductores, la distribución de circuitos, las fuentes de iluminación o las protecciones instaladas actualmente.

8.1.1 REDISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA EMPRESA INDUACERO.

En este punto se comprueba todos los elementos que constituyen el sistema eléctrico de distribución para verificar si se encuentran bien diseñados de acuerdo

a lo requerido actualmente por la carga, por tal motivo se realizó los planos de las instalaciones eléctricas de las diferentes áreas antes mencionadas, ver (Anexo 6). Los resultados obtenidos se aplican para planeación y diseño de la expansión del sistema eléctrico y para determinación de las condiciones de operación en las siguientes áreas, ver (Anexo 7 plano No.1 -2).

- Sección Máquinas Herramientas (Ampliación)
- Sección de construcción y montaje de equipos industriales (Nave 3).
- Oficinas de Ingeniería (Ampliación).

8.1.1.1 Análisis y rediseño de conductores.

La selección de conductores en baja tensión, para cada circuito de los Tableros se la efectuará en base a dos criterios: por corriente y por caída de voltaje (ΔV), los cuales con el conocimiento previo de cada circuito nos permitirá confirmar o a su vez determinar si se debe cambiar el tipo o calibre de conductor.

a) Ejemplo de selección de conductores

Por corriente

PASO N° 1: Información del circuito

Identificación del circuito: TB1.7, sección de construcción y montaje de equipos industriales.

<i>Potencia de la carga instalada:</i>	33.31 KW
<i>Conductor alimentador instalado:</i>	3x4 AWG THHN
<i>Sección transversal:</i>	21.15 mm ²
<i>Longitud del conductor:</i>	23 m
<i>Voltaje del circuito:</i>	220 V
<i>Factor de potencia:</i>	0.97
<i>Tipo de instalación:</i>	Subterránea

PASO N° 2: Cálculos

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3} * 220V * fp} \quad (3.1)$$

Donde:

I_c = Corriente calculada para el conductor.

P = Potencia instalada

$$I_c = \frac{33.31 \text{ KW}}{\sqrt{3} * 220V * 0.97}$$

$$I_c = 90.12 \text{ A}$$

PASO N° 3: Selección del Conductor

El conductor del circuito se selecciona en tablas de conductores en función de la corriente calculada, para el presente estudio se utilizará las tablas de ELECTRO CABLES S.A que se muestran en el *Anexo 8*.

De acuerdo a las tablas empleadas para 3 conductores en conduit, tipo THHN corresponde un calibre 4 AWG.

b) **Por caída de tensión**²⁴

PASO N° 1: Cálculos

$$e = \frac{2 * c}{V} * \frac{L * I}{S} \quad (3.2)$$

e = Caída de voltaje permitida en por ciento.

c = 2 para circuitos monofásicos o bifásicos y $c = \sqrt{3}$ para trifásicos.

L = Longitud del conductor en metros

I = Corriente de carga

v = voltaje aplicado

S= Área o sección transversal del conductor en mm^2

$$e = \frac{2 * \sqrt{3}}{220} * \frac{23 * 90.12}{21.15} = 1.83\%$$

²⁴ Instalaciones Eléctricas Bratu y Campero Pág 95

PASO N° 2: Validación

La caída de tensión, figura 3.1, ²⁵debe ser inferior a los límites marcados por el reglamento en cada parte de la instalación, con el objeto de garantizar el funcionamiento de los receptores alimentados por el cable. Este criterio suele ser determinante cuando las líneas son de larga longitud por ejemplo en derivaciones individuales que alimenten a los últimos subtableros ubicadas a una considerable longitud desde el transformador.

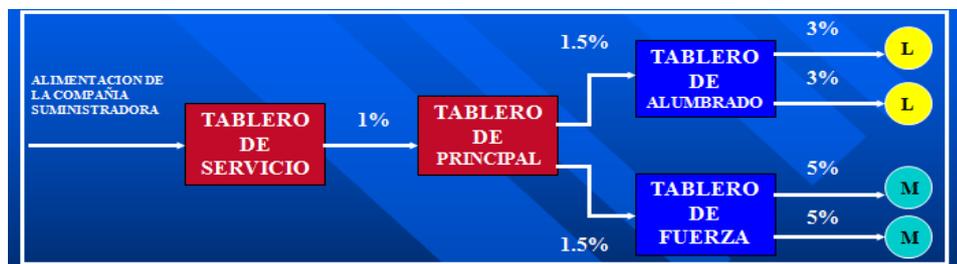


Fig. 3.1: Caídas de voltaje permisibles

Los 3 conductores 4 AWG no cumplen con la caída de voltaje que se requiere para el circuito de estas características, a continuación se muestra la solución:

Nuevo conductor sugerido: 3x2 AWG

Sección transversal: 33,62 mm²

$$e = \frac{2 * \sqrt{3}}{220} * \frac{23 * 90,11}{33,62} = 1,25\%$$

Los cálculos de los conductores alimentadores y circuitos derivados se presentan de una forma simplificada en la Tabla 3.1, en donde se aplican las ecuaciones planteadas con las constantes que las características de cada circuito las requieran.

²⁵ Según REBT ITC 14, ITC-BT 15, ITC-BT 19

Tabla 3.1: Cálculo de conductores alimentadores y circuitos derivados – criterio de corriente y caída de voltaje.

TRAMO Ó CIRCUITO	CALIBRE INSTALAD (AWG)	SECCIÓN mm ²	POTENCIA INSTALADA (KW)	LON- GITUD (m)	CORRIENTE CONDUCT (A)	CAÍDA DE VOLTAJE %	SELECCIÓN CONDUCTOR X CORRIENTE	SECCIÓN mm ²	CAÍDA DE VOLTAJE %	NUEVO CONDUCTOR SUGERIDO	SECCIÓN mm ²	CAÍDA DE VOLTAJE %	OBSERVACIÓN
TB1	3X2#4	21,15	70	2	189,38	0,28	3X2#4	21,15	0,28	3X2#4	21,15	0,28	Si cumple
TB1.1	1 X 8	8,37	1,04	22	8,44	0,98	2X12	3,31	2,05	2X10	5,26	1,39	Si cumple
STD1													
C1	1X12	3,31	0,25	15	2,03	1,27	2X12	3,31	1,27	2X12	3,31	1,27	Si cumple
C2	1X12	3,31	0,25	15	2,03	1,27	2X12	3,31	1,27	2X12	3,31	1,27	Si cumple
C3	1X12	3,31	0,34	8	2,76	1,19	2X12	3,31	1,19	2X12	3,31	1,19	Si cumple
C4	1X12	3,31	0,20	8	1,62	1,10	2X12	3,31	1,10	2X12	3,31	1,10	Si cumple
TB1.1.1	1 X 8	8,37	0,66	5	5,36	1,08	2X12	3,31	1,24	2X10	5,26	1,14	Si cumple
STD2													
C1	1X12	3,31	0,30	15	2,44	1,43	2X12	3,31	1,43	2X12	3,31	1,43	Si cumple
C2	1X12	3,31	0,36	10	2,92	1,36	2X12	3,31	1,36	2X12	3,31	1,36	Si cumple
TB1.3	3X4	21,15	26,37	11	94,10	1,05	3X4	21,15	1,05	3X4	21,15	1,05	Si cumple
STD3													
C1	1X14	2,08	0,05	20	0,41	1,18	2X14	2,08	1,18	2X14	2,08	1,18	Si cumple
C2	3X8	8,37	10,50	10	35,63	1,72	3X10	5,26	2,12	3X8	8,37	1,72	Si cumple
C3	3X12	3,31	1,12	12	12,55	1,77	3X12	3,31	1,77	3X12	3,31	1,77	Si cumple
C4	3X6	13,3	14,70	20	50,00	2,24	3X8	8,37	2,93	3X8	8,37	2,93	Si cumple
TB1.3.1	1X10	5,26	0,35	9	2,84	1,21	2X12	3,31	1,30	2X12	3,31	1,30	Si cumple

Tabla 3.1: Cálculo de conductores alimentadores y circuitos derivados – criterio de corriente y caída de voltaje (continuación).

TRAMO Ó CIRCUITO	CALIBRE INSTALAD (AWG)	SECCIÓN mm ²	POTENCIA INSTALADA (KW)	LON- GITUD (m)	CORRIENTE CONDUCT (A)	CAÍDA DE VOLTAJE %	SELECCIÓN CONDUCTOR X CORRIENTE	SECCIÓN mm ²	CAÍDA DE VOLTAJE %	NUEVO CONDUCTOR SUGERIDO	SECCIÓN mm ²	CAÍDA DE VOLTAJE %	OBSERVACIÓN
STD4													
C1	1X12	3,31	0,20	8	1,62	1,33	2X12	3,31	1,33	2X12	3,31	1,33	Si cumple
C2	1X12	3,31	0,15	15	1,22	1,38	2X12	3,31	1,38	2X12	3,31	1,38	Si cumple
TB1.4	1X12	3,31	2,46	10	19,97	2,18	2X12	3,31	2,18	2X10	5,26	1,48	Si cumple
STD5													
C1	1X12	3,31	1,56	11	12,66	3,51	2X12	3,31	3,51	2X10	5,26	3,02	Si cumple
C2	1X12	3,31	1,00	10	8,12	2,95	2X12	3,31	2,95	2X10	5,26	2,67	Si cumple
TB1.5	3X8	8,37	9,00	1	24,35	0,33	3X12	3,31	0,40	3X10	5,26	0,35	Si cumple
STD6													
C1	1X12	3,31	1,00	10	8,12	1,10	2X12	3,31	1,10	2X12	3,31	1,10	Si cumple
C2	3X8	8,37	8,00	10	21,64	0,73	3X12	3,31	1,36	3X12	3,31	1,36	Si cumple
TB1.6	3X2	33,62	72,83	7	197,04	0,93	3X1	42,36	0,79	3X1	42,36	0,79	Si cumple
TB1.6.1	2X2#10	5,26	7,00	8	16,40	1,38	2X12	3,31	1,65	2X6	13,30	1,11	Si cumple
STD7													
C1	2X10	5,26	3,00	15	7,03	1,75	2X12	3,31	1,96	2X12	3,31	1,96	Si cumple
C2	2X10	5,26	1,50	15	3,51	1,56	2X12	3,31	1,67	2X12	3,31	1,67	Si cumple
C3	2X10	5,26	1,50	10	3,51	1,50	2X12	3,31	1,57	2X12	3,31	1,57	Si cumple
C4	2X10	5,26	1,00	20	2,34	1,54	2X12	3,31	1,64	2X12	3,31	1,64	Si cumple
TB1.6.2	3X2	33,62	17,80	1,5	48,16	0,96	3X8	8,37	1,06	3X6	13,30	1,01	Si cumple

Tabla 3.1: Cálculo de conductores alimentadores y circuitos derivados – criterio de corriente y caída de voltaje (continuación).

TRAMO Ó CIRCUITO	CALIBRE INSTALAD (AWG)	SECCIÓN mm ²	POTENCIA INSTALADA (KW)	LON- GITUD (m)	CORRIENTE CONDUCT (A)	CAÍDA DE VOLTAJE %	SELECCIÓN CONDUCTOR X CORRIENTE	SECCIÓN mm ²	CAÍDA DE VOLTAJE %	NUEVO CONDUCTOR SUGERIDO	SECCIÓN mm ²	CAÍDA DE VOLTAJE %	OBSERVACIÓN
STD8													
C1	3X10	5,26	6,30	20	28,37	2,66	3X12	3,31	3,66	3X10	5,26	2,66	Si cumple
C2	3X6	13,3	2,00	3	5,41	0,98	3X12	3,31	1,04	3X10	5,26	1,01	Si cumple
C3	1X12	3,31	0,50	3	4,06	1,08	2X12	3,31	1,08	2X12	3,31	1,08	Si cumple
C4	3X6	13,3	4,00	15	10,82	1,15	3X12	3,31	1,73	3X10	5,26	1,45	Si cumple
C5	3X6	13,3	2,00	12	5,41	1,04	3X12	3,31	1,27	3X10	5,26	1,16	Si cumple
C6	1X12	3,31	0,50	13	4,06	1,46	2X12	3,31	1,46	2X12	3,31	1,46	Si cumple
C7	3X6	13,3	2,00	15	5,41	1,06	3X12	3,31	1,35	3X10	5,26	1,20	Si cumple
C8	1X12	3,31	0,50	15	4,06	1,54	2X12	3,31	1,54	2X12	3,31	1,54	Si cumple
TB1.6.3	3X4	21,15	48,03	12	129,94	2,09	3X2	33,62	1,66	3X2	33,62	1,66	No cumple
TB1.6.3.1	3X6	13,3	21,61	2	58,47	2,23	3X6	13,30	2,23	3X2	33,62	2,14	No cumple
STD9													
C1	3X8	8,37	11,20	15	55,00	3,78	3X8	8,37	3,78	3X8	8,37	3,78	Si cumple
C2	3X8	8,37	2,00	20	5,41	2,43	3X12	3,31	2,74	3X10	5,26	2,55	Si cumple
C3	3X8	8,37	7,50	9	36,25	2,84	3X10	5,26	3,20	3X10	5,26	3,20	Si cumple
C4	2X12	3,31	0,91	13	2,13	2,38	2X12	3,31	2,38	2X12	3,31	2,38	Si cumple
TB1.6.3.2	3X6	13,3	25,70	8	105,90	3,09	3X2	33,62	2,49	3X2	33,62	2,49	No cumple

Tabla 3.1: Cálculo de conductores alimentadores y circuitos derivados – criterio de corriente y caída de voltaje (continuación).

TRAMO Ó CIRCUITO	CALIBRE INSTALAD (AWG)	SECCIÓN mm ²	POTENCIA INSTALADA (KW)	LON- GITUD (m)	CORRIENTE CONDUCT (A)	CAÍDA DE VOLTAJE %	SELECCIÓN CONDUCTOR X CORRIENTE	SECCIÓN mm ²	CAÍDA DE VOLTAJE %	NUEVO CONDUCTOR SUGERIDO	SECCIÓN mm ²	CAÍDA DE VOLTAJE %	OBSERVACIÓN
STD10													
C1	3X8	8,37	3,00	30	8,12	3,55	3X12	3,31	4,25	3X10	5,26	3,82	Si cumple
C2	3X8	8,37	2,00	4	9,38	3,16	3X12	3,31	3,27	3X10	5,26	3,20	Si cumple
C3	1X12	3,31	0,60	10	4,87	3,56	2X12	3,31	3,56	2X12	3,31	3,56	Si cumple
C4	1X12	3,31	0,50	20	4,06	3,86	2X12	3,31	3,86	2X12	3,31	3,86	Si cumple
C5	1X12	3,31	0,50	20	4,06	3,86	2X12	3,31	3,86	2X12	3,31	3,86	Si cumple
C6	3X8	8,37	4,18	23	21,70	4,03	3X12	3,31	5,47	3X8	8,37	4,03	Si cumple
C7	3X8	8,37	13,44	20	65,00	5,54	3X6	13,30	4,63	3X6	13,30	4,63	Si cumple
C8	1X12	3,31	0,44	30	3,57	4,11	2X12	3,31	4,11	2X12	3,31	4,11	Si cumple
C9	3X8	8,37	1,50	15	4,06	3,21	3X12	3,31	3,38	3X10	5,26	3,27	Si cumple
TB1.6.3.2.1	1X10	5,26	0,72	5	5,84	3,27	2X12	3,31	3,37	2X6	13,30	3,16	No cumple
STD11													
C1	2X12	3,31	0,10	8	0,23	3,28	2X12	3,31	3,28	2X10	5,26	3,27	Si cumple
C2	1X12	3,31	0,32	20	2,60	3,76	2X12	3,31	3,76	2X10	5,26	3,58	Si cumple
C3	1X12	3,31	0,15	23	1,22	3,53	2X12	3,31	3,53	2X10	5,26	3,43	Si cumple
C4	1X12	3,31	0,15	25	1,22	3,56	2X12	3,31	3,56	2X10	5,26	3,45	Si cumple
TB1.7	3X4	21,15	33,31	23	90,12	1,83	3X4	21,15	1,83	3X2	33,62	1,25	No cumple
TB1.7.1	3X4	21,15	11,00	2	29,76	1,87	3X10	5,26	2,00	3X2	33,62	1,85	Si cumple

Tabla 3.1: Cálculo de conductores alimentadores y circuitos derivados – criterio de corriente y caída de voltaje (continuación).

TRAMO Ó CIRCUITO	CALIBRE INSTALAD (AWG)	SECCIÓN mm ²	POTENCIA INSTALADA (KW)	LON- GITUD (m)	CORRIENTE CONDUCT (A)	CAÍDA DE VOLTAJE %	SELECCIÓN CONDUCTOR X CORRIENTE	SECCIÓN mm ²	CAÍDA DE VOLTAJE %	NUEVO CONDUCTOR SUGERIDO	SECCIÓN mm ²	CAÍDA DE VOLTAJE %	OBSERVACIÓN
STD12													
C1	3X8	8,37	4,00	15	10,82	2,17	3X12	3,31	2,64	3X10	5,26	2,36	Si cumple
C2	2X10	5,26	3,00	19	7,03	2,33	2X12	3,31	2,60	2X12	3,31	2,60	Si cumple
C3	3X8	8,37	4,00	13	10,82	2,13	3X12	3,31	2,54	3X10	5,26	2,29	Si cumple
TB1.7.2	3X6	13,3	22,31	13	60,36	2,75	3X6	13,30	2,75	3X2	33,62	2,19	No cumple
STD13													
C1	3X8	8,37	11,19	30	30,27	4,46	3X10	5,26	5,47	3X8	8,37	4,46	Si cumple
C2	3X8	8,37	2,00	8	5,41	2,84	3X12	3,31	0,21	3X10	5,26	2,88	Si cumple
C3	2X10	5,26	0,12	35	0,28	2,79	2X12	3,31	2,81	2X12	3,31	2,81	Si cumple
C4	2X10	5,26	3,00	10	7,03	3,00	2X12	3,31	3,14	2X12	3,31	3,14	Si cumple
C5	3X8	8,37	2,00	6	5,41	2,82	3X12	3,31	2,91	3X10	5,26	2,85	Si cumple
C6	3X8	8,37	2,00	12	5,41	2,88	3X12	3,31	3,06	3X10	5,26	2,95	Si cumple
C7	3X8	8,37	2,00	18	5,41	2,94	3X12	3,31	3,22	3X10	5,26	3,05	Si cumple
TB2	3X4	21,15	43	19	145,42	2,35	3X2	33,62	1,58	3X2	33,62	1,58	Si cumple
RÓTULO	2X10	5,26	2,00	40	4,69	0,93	2X12	3,31	1,31	2X12	3,31	1,31	Si cumple

8.1.1.2 SELECCIÓN DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN.

Se seleccionan los elementos de protección en función de la corriente que circula por cada uno de los circuitos y dependen en cada caso de la temperatura máxima que el aislante pueda soportar sin alteraciones en sus propiedades eléctricas, mecánicas o químicas.

- Corriente de sobrecarga

$$I_{sc} = I_m * F_{sc} \quad (3.3)$$

Donde:

I_{sc} = Corriente de sobrecarga del circuito

I_m = Corriente máxima de consumo del circuito.

F_{sc} = Factor de sobrecarga 25%

Para la selección del dispositivo de protección de circuitos derivados para motores se utilizará la ecuación 1.13 y para la protección del alimentador se calculará por la expresión 1.14.

De los resultados obtenidos se asigna una protección que se ajuste a las condiciones de uso del circuito a proteger. La metodología empleada en la Tabla 3.2 se detalla a continuación.

PASO Nº 1: Información del circuito

Identificación del circuito: Alimentador I2, sección de montaje y construcción de equipos industriales.

Potencia de la carga instalada: 117.7 KW

Potencia Utilizada: 50% de la carga instalada²⁶ = 58.85 KW

²⁶ Factor de simultaneidad según encuesta realizada en la empresa Induacero

Voltaje del circuito: 220 V

Factor de potencia: 0.97

Tipo de instalación: Subterránea y aérea

PASO N° 2: Cálculos

$$I_m = \frac{Pu}{\sqrt{3} * 220V * fp} \quad (3.4)$$

$$I_m = \frac{58.85 \text{ KW}}{\sqrt{3} * 220V * 0.97}$$

$$I_m = 159 \text{ A}$$

$$I_{sc} = 159 * 1.25 = 198.75 \text{ A}$$

PASO N° 3: Selección de la protección

Con la Corriente ya calculada procedemos a la selección de la protección (Ver *Anexo 10*) según tablas especificadas por los fabricantes, en nuestro caso hemos escogido tablas de la marca "Square D", que son las marcas utilizadas en la mayoría de las instalaciones de la empresa Inducero.

Protección Seleccionada:

300 A – 3 Fases

Tabla 3.2: Selección de protecciones de circuitos alimentadores y circuitos derivados.

No. CIRCUITO	P INST. (kW)	POTENCIA UTILIZADA (kW)	INTENSIDAD CALCULADA (A)	PROTECCIÓN INSTALADA		PROTECCIÓN SUGERIDA	CONCLUSIÓN
				TIPO	INTENSIDAD NOMINAL	INTENSIDAD NOMINAL	
I1	40,5	40,5	154,20	Breaker Term.	175-3P	175-3P	Si cumple
STD1							
C1	0,25	0,25	2,54	Breaker Term.	32A-1P	20A-1P	Si cumple
C2	0,25	0,25	2,54	Breaker Term.	32A-1P	20A-1P	Si cumple
C3	0,34	0,34	3,45	Breaker Term.	15A-1P	15A-1P	Si cumple
C4	0,2	0,2	2,03	Breaker Term.	15A-1P	15A-1P	Si cumple
STD2							
C1	0,3	0,27	2,74	Breaker Term.	32A-1P	20A-1P	Si cumple
C2	0,36	0,324	3,29	Breaker Term.	20A-1P	20A-1P	Si cumple
STD3							
C1	0,05	0,05	0,51	Breaker Term.	20A-1P	20A-1P	Si cumple
C2	10,5	9,45	35,625	Breaker Term.	40A-3P	40A-3P	Si cumple
C3	1,12	1,12	10,15	Breaker Term.	30A-3P	20A-3P	Si cumple
C4	14,7	14,7	50	Breaker Term.	100A-3P	60A-3P	Si cumple
STD4							
C1	0,2	0,2	2,03	Breaker Term.	15A-1P	15A-1P	Si cumple
C2	0,15	0,15	1,52	Breaker Term.	32A-1P	20A-1P	Si cumple
I2	117,7	58,85	198,75	Breaker Term.	300A-3P	300A-3P	Si cumple

Tabla 3.2: Selección de protecciones de circuitos alimentadores y circuitos derivados (continuación)

No. CIRCUITO	P INST. (kW)	POTENCIA UTILIZADA (kW)	INTENSIDAD CALCULADA (A)	PROTECCIÓN INSTALADA		PROTECCIÓN SUGERIDA	CONCLUSIÓN
				TIPO	INTENSIDAD NOMINAL	INTENSIDAD NOMINAL	
STD5							
C1	1,56	1,56	15,83	Breaker Term.	20A-1P	20A-1P	Si cumple
C2	1	1	10,15	Breaker Term.	32A-1P	32A-1P	Si cumple
STD6							
C1	1	1	10,15	Breaker Term.	30A-1P	30A-1P	Si cumple
C2	8	8	27,05	Breaker Term.	63A-3P	40A-3P	Si cumple
STD7							
C1	3	3	8,79	Breaker Term.	16A-2P	16A-2P	Si cumple
C2	1,5	1,5	4,39	Breaker Term.	16A-2P	16A-2P	Si cumple
C3	1,5	1,5	4,39	Breaker Term.	32A-2P	16A-2P	Si cumple
C4	1	1	2,93	Breaker Term.	16A-2P	16A-2P	Si cumple
STD8							
C1	6,30	6,3	28,37	Breaker Term.	40A-3P	40A-3P	Si cumple
C2	2,00	6	20,29	Breaker Term.	60A-3P	40A-3P	Si cumple
C3	0,50	1,5	15,22	Breaker Term.	40A-1P	30A-1P	Si cumple
C4	4,00	12	40,58	Breaker Term.	60A-3P	50A-3P	Si cumple
C5	2,00	6	20,29	Breaker Term.	60A-3P	40A-3P	Si cumple
C6	0,50	1,5	15,22	Breaker Term.	40A-1P	20A-1P	Si cumple
C7	2,00	6	20,29	Breaker Term.	50A-3P	30A-3P	Si cumple
C8	0,50	1,5	15,22	Breaker Term.	40A-1P	20A-1P	Si cumple

Tabla 3.2: Selección de protecciones de circuitos alimentadores y circuitos derivados (continuación)

No. CIRCUITO	P INST. (kW)	POTENCIA UTILIZADA (kW)	INTENSIDAD CALCULADA (A)	PROTECCIÓN INSTALADA		PROTECCIÓN SUGERIDA	CONCLUSIÓN
				TIPO	INTENSIDAD NOMINAL	INTENSIDAD NOMINAL	
STD9							
C1	11,20	11,2	50	Breaker Term.	40A-3P	60A-3P	No cumple
C2	2,00	2	6,76	Breaker Term.	60A-3P	60A-3P	Si cumple
C3	7,50	7,5	36,25	Breaker Term.	40A-3P	40A-3P	Si cumple
C4	0,91	0,91	2,67	Breaker Term.	20A-2P	20A-2P	Si cumple
STD10							
C1	3,00	3	20,29	Breaker Term.	60A-3P	60A-3P	Si cumple
C2	2,00	2	18,75	Breaker Term.	30A-3P	30A-3P	Si cumple
C3	0,60	0,6	6,09	Breaker Term.	20A-1P	20A-1P	Si cumple
C4	0,50	0,5	5,07	Breaker Term.	20A-1P	20A-1P	Si cumple
C5	0,50	0,5	5,07	Breaker Term.	20A-1P	20A-1P	Si cumple
C6	4,18	4,175	21,70	Breaker Term.	30A-3P	30A-3P	Si cumple
C7	13,44	13,44	65,00	Breaker Term.	30A-3P	70A-3P	No cumple
C8	0,44	0,44	4,46	Breaker Term.	30A-1P	20A-1P	Si cumple
C9	1,50	1,5	5,07	Breaker Term.	30A-3P	20A-3P	Si cumple
STD11							
C1	0,10	0,1	0,29	Breaker Term.	40A-1P	20A-1P	Si cumple
C2	0,32	0,32	3,25	Breaker Term.	15A-1P	15A-1P	Si cumple
C3	0,15	0,15	1,52	Breaker Term.	30A-1P	20A-1P	Si cumple
C4	0,15	0,15	1,52	Breaker Term.	15A-1P	15A-1P	Si cumple

Tabla 3.2: Selección de protecciones de circuitos alimentadores y circuitos derivados (continuación)

No. CIRCUITO	P INST. (kW)	POTENCIA UTILIZADA (kW)	INTENSIDAD CALCULADA (A)	PROTECCIÓN INSTALADA		PROTECCIÓN SUGERIDA	CONCLUSIÓN
				TIPO	INTENSIDAD NOMINAL	INTENSIDAD NOMINAL	
STD12							
C1	4,00	4	13,53	Breaker Term.	60A-3P	60A-3P	Si cumple
C2	3,00	3	8,79	Breaker Term.	16A-2P	16A-2P	Si cumple
C3	4,00	4	13,53	Breaker Term.	60A-3P	60A-3P	Si cumple
STD13							
C1	11,19	11,19	37,84	Breaker Term.	60A-3P	50-3P	Si cumple
C2	2,00	2	6,76	Breaker Term.	40A-3P	40A-3P	Si cumple
C3	0,12	0,12	0,35	Breaker Term.	20A-1P	20A-1P	Si cumple
C4	3,00	3	8,79	Breaker Term.	32A-2P	16A-2P	Si cumple
C5	2,00	2	6,76	Breaker Term.	50A-3P	50A-3P	Si cumple
C6	2,00	2	6,76	Breaker Term.	63A-3P	63A-3P	Si cumple
C7	2,00	2	6,76	Breaker Term.	60A-3P	60A-3P	Si cumple
I3	43	43	145,42	Breaker Term.	160-3P	160A-3P	Si cumple
I4	2,00	2	5,86	Breaker Term.	30A-2P	30A-2P	Si cumple

8.2 REDISEÑO DE LA RED DE AIRE COMPRIMIDO.

El suministro de aire comprimido para las instalaciones neumáticas comprende los siguientes parámetros:

- a.- Generación de aire comprimido mediante los compresores.
- b.- Acondicionamiento del aire comprimido para las instalaciones neumáticas.
- c.- Conducción del aire comprimido hasta los puntos de utilización.

8.2.1 GENERACIÓN DE AIRE

La función de aspirar aire a presión atmosférica y comprimirlo a una presión más elevada está dada por dos compresores conectados en paralelo, los mismos que se encuentran calibrados a una presión de salida de 125 psi y un caudal volumétrico de $120 \frac{gal}{min}$ cada uno.

8.2.1.1 Determinación del consumo máximo de aire

Tabla 3.3: Determinación del consumo de aire.

No. De Máquinas o Herramientas	Características	Consumo Unitario, l/min	Consumo total l/min	Coefficiente de Utilización (%)	Consumo máximo l/min (Ct*Cu/100)
1	Rebordeadora de tapas	200	200	50	100
3	Plasma Prof 122	220	660	70	462
1	Pistolas para pintar	150	150	40	60
2	Pistolas limpieza	100	200	20	40
1	Turbina Neumática	100	100	60	60
		TOTAL:	1310 l/min		722 l/min

8.2.1.2 Capacidad de reserva de la central de compresión.

Mediante los resultados obtenidos en el literal anterior realizamos una analogía comparativa entre los $\frac{gal}{min}$ utilizados y los disponibles con el fin de dar a conocer la capacidad de reserva de la cámara de compresión.

Tabla 3.4: Capacidad de reserva de la cámara de compresión.

Central de compresión	Carga instalada	Demanda máx. Utilizada	% Cargabilidad	% Disponible
240 $\frac{gal}{min}$	346.1 $\frac{gal}{min}$	190.75 $\frac{gal}{min}$	79.48 %	20.52%

8.2.2 TRATAMIENTO DEL AIRE EN LOS PUNTOS DE UTILIZACIÓN.

Con el fin de ir eliminando la humedad en el aire comprimido se encuentran instalados grupos combinados de filtro, regulador, lubricador.



Fig. 3.2: Combinación de filtro, regulador de presión y lubricador en los puntos de utilización.

8.2.3 REDISEÑO DE TUBERÍAS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AIRE COMPRIMIDO.

Calculamos la velocidad máxima permitida para la tubería de aire comprimido mediante la ecuación (1.18).

$$V_s = \sqrt{1.40 * 287 \frac{J}{Kg^{\circ}K} * 293.15^{\circ}K} \quad (\text{ver Anexo 12})$$

$$V_s = 343 \frac{m}{s}$$

$$Q = 240 \frac{gal}{min} = 0,01514 \frac{m^3}{s}$$

$$Q = A * V \quad (3.5)$$

$$0,01514 \frac{m^3}{s} = \frac{\pi D^2}{4} * 343 \frac{m}{s}$$

$$D_{interno} = 7,49 \text{ mm}$$

Al existir una velocidad del aire de $343 \frac{m}{s}$ van ocurrir muchas pérdidas de presión, ya que cuanto mayor es la velocidad de circulación, tanto mayor es la pérdida de presión en el recorrido hasta el punto de aplicación. Por tal motivo calculamos la velocidad máxima a la que se encuentra actualmente el aire en función del diámetro de la tubería de $\frac{1}{2}$ pulgada.

$$D_{interno} = 15,545 \text{ mm}$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = 79,81 \frac{m}{s}$$

$$V < V_s$$

$$79,81 \frac{m}{s} < 343 \frac{m}{s} \text{ Si cumple}$$

8.3 DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELECTROMECAÓNICAS DE LA EMPRESA INDUACERO.

8.3.1 AMPLIACIÓN DE LA EMPRESA INDUACERO.

Debido al continuo desarrollo de la empresa y al requerimiento industrial tanto nacional como internacional, la empresa se vio en la necesidad de ampliar sus instalaciones en un área total de 2978 m², por tal motivo se realizó un plano arquitectónico general de toda la empresa incluida la ampliación de la misma, ver (Anexo 5), pudiendo implementar nuevos puestos de trabajo y mejorar la organización ocupacional de los trabajadores, satisfaciendo así las necesidades de los clientes y del personal que se encuentra trabajando.

8.3.1.1 Requerimientos de la Ampliación.

Uno de los principales problemas que tiene la empresa es la falta de espacio en sus instalaciones, por tal motivo se ha visto en la necesidad de alquilar terrenos cercanos a la empresa, para cumplir con el espacio necesario de trabajo, además no cuentan con un sitio específico para desperdicios (chatarra).



Fig. 3.3: Aglomeración de desperdicios en lugares de trabajo

Existe una propuesta para la ampliación de sus instalaciones con el fin de eliminar las aglomeraciones de equipos y material industrial en los puestos de trabajo, así como también el de optimizar las instalaciones eléctricas y neumáticas que hoy en día se encuentran funcionando.

8.3.2 DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO.

a.- Cálculo de los circuitos derivados

Para el siguiente cálculo es necesario la reubicación de la maquinaria en el nuevo galpón de 211 m², (ver *Anexo 9*). La técnica a utilizar para el cálculo de circuitos derivados y alimentadores se detalló en el apartado 1.4.7, y se presentan de una forma simplificada en la tabla 3.5, en donde se aplican las ecuaciones planteadas con las constantes que las características de cada circuito las requieran.

b.- Cálculo de las componentes del alimentador del STD11 (Sección de máquinas herramientas.)

El método de cálculo de las componentes del alimentador, es de hecho el mismo que el usado para calcular las componentes del circuito derivado de un motor.

a.- La capacidad de conducción de corriente

$$I_A = 1.25 * 44 + 10 + 7.1 + 7.5 + 44 + 29 + 2.1 + 10 + 10$$

$$I_A = 174.7 A$$

Según las tablas de selección de conductores de cobre, para 3 conductores en conduit corresponden un calibre 2 AWG tipo THHN.

b.- El dispositivo de protección del alimentador.

$$I_A = 2.5 * 44 + 10 + 7.1 + 7.5 + 44 + 29 + 2.1 + 10 + 10$$

$$I_A = 229.7 A$$

Protección Seleccionada: 300 A – 3 Fases

De acuerdo a las tablas de selección de barras (ver *Anexo 8*) se instalaron 3 barras de cobre de $1/8 \times 3/4$ correspondiente a una capacidad de 245 A.

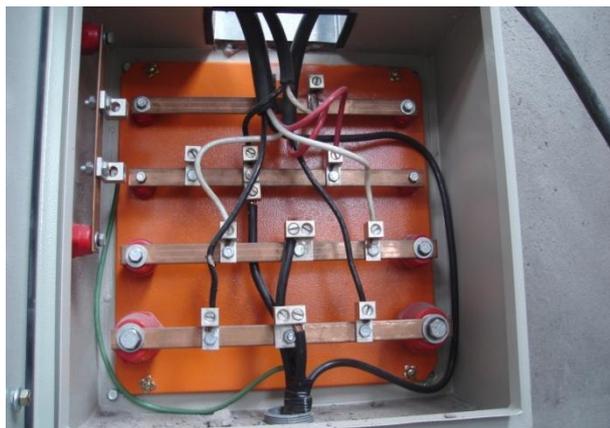


Fig. 3.4: Selección de Barras de Cobre

Con el objeto de realizar una estimación sobre la distribución de energía, se realizó un nuevo diagrama unifilar de la empresa inducero, en el cual constan los tableros que se tendrán que incrementar para las nuevas instalaciones de la empresa (ver Anexo 14).

Tabla 3.5: Selección de conductores

TRAMO O CIRCUITO	P INST (KW)	L (m)	I CONDUCT (A)	SELECCIÓN CONDUCTOR X CORRIENTE	SECCIÓN mm ²	CAIDA DE VOLTAJE %	PROTECCIÓN SUGERIDA
TB3	55,97	35	151,43	3X2	33,62	2,48	
TB3.1	24,50	10	66,28	3X2	33,62	2,79	
STD9							
C1	3,00	1	8,12	3X6	13,3	2,80	30A-3P
C2	1,00	1	8,12	2X12	3,31	2,87	20A-1P
C3	3,00	6	8,12	3X6	13,3	2,85	30A-3P
C4	1,00	6	8,12	2X12	3,31	3,26	20A-1P
C5	3,00	12	8,12	3X6	13,3	2,91	30A-3P
C6	1,00	12	8,12	2X12	3,31	3,72	20A-1P
C7	3,00	18	8,12	3X6	13,3	2,97	30A-3P
C8	1,00	18	8,12	2X12	3,31	4,18	20A-1P
C9	3,00	6	8,12	3X6	13,3	2,85	30A-3P
C10	1,00	6	8,12	2X12	3,31	3,26	20A-1P

Tabla 3.5: Selección de conductores (continuación)

TRAMO Ó CIRCUITO	P INST (KW)	L (m)	I CONDUCT (A)	SELECCIÓN CONDUCTOR X CORRIENTE	SECCIÓN mm ²	CAÍDA DE VOLTAJE %	PROTECCIÓN SUGERIDA
C11	4,50	15	10,54	2X6	13,3	3,01	20A-2P
TB3.1.1	20,50	12	55,46	3X2	33,62	3,10	
STD10							
C1	3,00	1	8,12	3X6	13,3	3,11	30A-3P
C2	1,00	1	8,12	2X12	3,31	3,18	20A-1P
C3	3,00	6	8,12	3X6	13,3	3,16	30A-3P
C4	1,00	6	8,12	2X12	3,31	3,57	20A-1P
C5	3,00	12	8,12	3X6	13,3	3,22	30A-3P
C6	1,00	12	8,12	2X12	3,31	4,03	20A-1P
C7	3,00	18	8,12	3X6	13,3	3,28	30A-3P
C8	1,00	18	8,12	2X12	3,31	4,49	20A-1P
C9	4,50	15	10,54	2X6	13,3	3,32	20A-2P
TB3.2	45,49	12	174,70	3X2	33,62	3,46	
STD11							
C1	2,24	1	12,5	3X10	5,26	3,50	30A-3P
C2	11,20	3	55	3X8	8,37	3,77	100A-3P
C3	5,00	10	13,53	3X8	8,37	3,72	40A-3P
C4	1,50	4	8,875	3X10	5,26	3,57	30A-3P
C5	0,38	8	2,625	3X10	5,26	3,53	20A-3P
C6	2,24	10	12,5	3X10	5,26	3,84	30A-3P
C7	2,00	5	9,375	3X10	5,26	3,60	30A-3P
C8	2,24	6	12,5	3X10	5,26	3,69	30A-3P
C9	11,20	8	55	3X8	8,37	4,29	100A-3P
C10	7,50	7	36,25	3X8	8,37	3,94	75A-3P
TB3.3	1,11	14	9,01	2X12	3,31	3,68	
STD14							
C1	0,40	14	3,25	2X12	3,31	4,12	16A-1P
C2	0,30	15	2,44	2X12	3,31	4,03	20A-1P
C3	0,16	12	1,30	2X12	3,31	3,83	16A-1P
C4	0,25	18	2,03	2X12	3,31	4,03	20A-1P
TB3.4	0,57	5	4,63	2X12	3,31	2,70	
STD15							
C1	0,32	10	2,60	2X12	3,31	2,95	16A-1P
C2	0,25	18	2,03	2X12	3,31	3,05	20A-1P
TB3.5	1,11	13	9,01	2X12	3,31	3,60	
STD16							
C1	0,16	12	1,30	2X12	3,31	3,75	16A-1P
C2	0,30	30	2,44	2X12	3,31	4,29	20A-1P
C3	0,20	10	1,62	2X12	3,31	3,75	16A-1P
C4	0,20	25	1,62	2X12	3,31	3,98	20A-1P
C5	0,25	35	2,03	2X12	3,31	4,27	20A-1P

8.3.3 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA MÁXIMA UNITARIA PROYECTADA.

Mediante los resultados obtenidos en los literales anteriores procedemos a la determinación de la demanda máxima unitaria proyectada, tabla 3.6; en base a las normas de la Empresa Eléctrica Quito.

$$DMU_{total} = 90.23$$

$$DMU(KVA) = \frac{90.23}{0.97} = 93 \text{ KVA}$$

$$DMU_p = DMU(1 + Ti)^n \quad (3.6)$$

Donde:

n= # años proyectado

Haremos referencia a 5 años de proyección.

Ti= Tasa de incremento % anual

Para una clase de usuario tipo A la tasa de incremento anual es del 1.5 a 2.5%.²⁷

Para nuestro análisis tomaremos la tasa de incremento anual del 2%.

$$DMU_p = 93 \left(1 + \frac{2}{100}\right)^5 = 102 \text{KVA}$$

²⁷ Según la Empresa Eléctrica Quito

Tabla 3.6: Determinación de la demanda máxima Unitaria

 NORMAS PARA SISTEMA DE DISTRIBUCION						
PARTE A GUIA PARA DISEÑO CÓDIGO: DD.DID.722.IN.03						
ISO 9001 - 2000						
HOJA 1 DE 6 NOMBRE DEL PROYECTO: Inducero LOCALIZACIÓN: Panamericana Sur Km 1 Sector Niagara USUARIO TIPO: A						
RENGLÓN	APARATOS ELÉCTRICOS Y DE ALUMBRADO			(CANT*Pn)		(CI*FSn)/100
	DESCRIPCIÓN	CANT	Pn(W)	CI (W)	FSn (%)	DMU (W)
STD1						
C1	Tomacorrientes	10	25	250	50	125
C2	Tomacorrientes	10	25	250	50	125
C3	Lámpara Fluorescente	7	40	280	70	196
C4	Lámpara Incandescente	1	60	60	70	42
	Lámpara Fluorescente	5	40	200	70	140
TOTAL (Kw)						0,628
STD2						
C1	Tomacorrientes	12	25	300	40	120
C2	Lámpara Fluorescente	6	40	240	70	168
	Lámpara Incandescente	2	60	120	70	84
TOTAL (Kw)						0,372
STD3						
C1	Tomacorrientes	2	25	50	20	10
C2	Rebordeadora	1	10500	10500	25	2625
C3	Motores puente grúa	2	560	1120	30	336
C4	Prensa Hidráulica	1	14700	14700	25	3675
TOTAL (Kw)						6,646

Tabla 3.6: Determinación de la demanda máxima Unitaria (continuación)

 NORMAS PARA SISTEMA DE DISTRIBUCION						
PARTE A GUIA PARA DISEÑO						
ISO 9001 - 2000		CÓDIGO: DD.DID.722.IN.03				
HOJA 2 DE 6 NOMBRE DEL PROYECTO: Induacero LOCALIZACIÓN: Panamericana Sur Km 1 Sector Niagara USUARIO TIPO: A						
REGLÓN	APARATOS ELÉCTRICOS Y DE ALUMBRADO			(CANT*Pn)	FSn (%)	(CI*FSn)/100
	DESCRIPCIÓN	CANT	Pn(W)	CI (W)		DMU (W)
STD4						
C1	Lámpara Fluorescente	2	40	80	40	32
	Lámpara Incandescente	2	60	120	40	48
C2	Tomacorrientes	6	25	150	25	37,5
TOTAL (Kw)						0,1175
STD5						
C1	Lámpara Fluorescente	27	40	1080	80	864
	Lámpara Incandescente	8	60	480	80	384
C2	Tomacorrientes	40	25	1000	25	250
TOTAL (Kw)						1,498
STD6						
C1	Tomacorrientes	2	500	1000	10	100
C2	Tomacorrientes 3□	4	2000	8000	30	2400
TOTAL (Kw)						2,5
STD7						
C1	Lámpara de Mercurio	2	1500	3000	50	1500
C2	Lámpara de Mercurio	1	1500	1500	50	750
C3	Lámpara de Mercurio	1	1500	1500	50	750

Tabla 3.6: Determinación de la demanda máxima Unitaria (continuación)

 EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A.	NORMAS PARA SISTEMA DE DISTRIBUCION					
	ISO 9001 - 2000	PARTE A GUIA PARA DISEÑO CÓDIGO: DD.DID.722.IN.03				
HOJA 3 DE 6 NOMBRE DEL PROYECTO: Inducero LOCALIZACIÓN: Panamericana Sur Km 1 Sector Niagara USUARIO TIPO: A						
RENGLÓN	APARATOS ELÉCTRICOS Y DE ALUMBRADO			(CANT*Pn)	FSn (%)	(CI*FSn)/100
	DESCRIPCIÓN	CANT	Pn(W)	CI (W)		DMU (W)
C4	Lámpara de Mercurio	4	250	1000	50	500
TOTAL (Kw)						3,5
STD8						
C1	Motor Puente Grúa	1	5400	5400	30	4320
	Motor Puente Grúa	1	900	900	30	720
C2	Tomacorrientes 3 ϕ	2	1000	2000	40	800
C3	Tomacorrientes	2	250	500	40	200
C4	Tomacorrientes 3 ϕ	8	500	4000	40	1600
C5	Tomacorrientes 3 ϕ	2	1000	2000	40	800
C6	Tomacorrientes	2	250	500	40	200
C7	Tomacorrientes 3 ϕ	2	1000	2000	40	800
C8	Tomacorrientes	2	250	500	40	200
TOTAL (Kw)						6,49
STD9						
C1	Tomacorrientes 3 ϕ	2	1500	3000	30	900
C2	Tomacorrientes	2	500	1000	30	300
C3	Tomacorrientes 3 ϕ	2	1500	3000	30	900
C4	Tomacorrientes	2	500	1000	30	300
C5	Tomacorrientes 3 ϕ	2	1500	3000	30	900
C6	Tomacorrientes	2	500	1000	30	300
C7	Tomacorrientes 3 ϕ	2	1500	3000	30	900
C8	Tomacorrientes	2	500	1000	30	300
C9	Tomacorrientes 3 ϕ	2	1500	3000	30	900
C10	Tomacorrientes	2	500	1000	30	300
C11	Lámpara de Mercurio	3	1500	4500	50	2250
TOTAL (Kw)						8,25

Tabla 3.6: Determinación de la demanda máxima Unitaria (continuación)

 NORMAS PARA SISTEMA DE DISTRIBUCION						
ISO 9001 - 2000		PARTE A GUIA PARA DISEÑO CÓDIGO: DD.DID.722.IN.03				
HOJA 4 DE 6 NOMBRE DEL PROYECTO: Inducero LOCALIZACIÓN: Panamericana Sur Km 1 Sector Niagara USUARIO TIPO: A						
REGLÓN	APARATOS ELÉCTRICOS Y DE ALUMBRADO			(CANT*Pn)	FSn (%)	(CI*FSn)/100 DMU (W)
	DESCRIPCIÓN	CANT	Pn(W)	CI (W)		
STD10						
C1	Tomacorrientes 3 ϕ	2	1500	3000	30	900
C2	Tomacorrientes	2	500	1000	30	300
C3	Tomacorrientes 3 ϕ	2	1500	3000	30	900
C4	Tomacorrientes	2	500	1000	30	300
C5	Tomacorrientes 3 ϕ	2	1500	3000	30	900
C6	Tomacorrientes	2	500	1000	30	300
C7	Tomacorrientes 3 ϕ	2	1500	3000	30	900
C8	Tomacorrientes	2	500	1000	30	300
C9	Lámpara de Mercurio	3	1500	4500	50	2250
TOTAL (Kw)						7,05
STD11						
C1	Torno CEM	1	2240	2240	50	1120
C2	Torno LOGAN	1	11200	11200	50	5600
C3	Tomacorrientes	12	333,3	4000	25	999,9
	Lámpara de Mercurio	4	250	1000	40	400
C4	Sierra LOGAN	1	1500	1500	30	450
C5	Taladradora MORGAN	1	375	375	40	150
C6	Taladradora ALZMETALL	1	2240	2240	30	672
C7	Fresadora HOMGE	1	2000	2000	30	600
C8	Cepilladora	1	2240	2240	30	672
C9	Plegadora	1	11200	11200	40	4480
C10	Cizalla	1	7500	7500	40	3000
TOTAL (Kw)						18,14

Tabla 3.6: Determinación de la demanda máxima Unitaria (continuación)

 NORMAS PARA SISTEMA DE DISTRIBUCION						
ISO 9001 - 2000		PARTE A GUIA PARA DISEÑO CÓDIGO: DD.DID.722.IN.03				
HOJA 5 DE 6 NOMBRE DEL PROYECTO: Induacero LOCALIZACIÓN: Panamericana Sur Km 1 Sector Niagara USUARIO TIPO: A						
RENGLÓN	APARATOS ELÉCTRICOS Y DE ALUMBRADO			(CANT*Pn)	FSn (%)	(CI*FSn)/100 DMU (W)
	DESCRIPCIÓN	CANT	Pn(W)	CI (W)		
STD12						
C1	Tomacorrientes	8	500	4000	60	2400
C2	Lámpara de Mercurio	2	1500	3000	60	1800
C3	Tomacorrientes	8	500	4000	40	1600
TOTAL (Kw)						5,8
STD13						
C1	Compresor Campell	1	7460	7460	20	1492
	Compresor Schulz	1	3730	3730	20	746
C2	Tomacorrientes	4	2000	8000	25	2000
C3	Iluminación Baños	3	40	120	30	36
C4	Lámpara de Mercurio	2	1500	3000	50	1500
C5	Tomacorrientes	4	2000	8000	50	4000
C6	Tomacorrientes	4	2000	8000	50	4000
C7	Tomacorrientes	4	2000	8000	50	4000
TOTAL (Kw)						17,77
STD14						
C1	Lámpara Fluorescente	10	40	400	50	200
C2	Tomacorrientes	12	25	300	40	120
C3	Lámpara Fluorescente	4	40	160	50	80
C4	Tomacorrientes	10	40	400	30	120
TOTAL (Kw)						0,52

Tabla 3.6: Determinación de la demanda máxima Unitaria (continuación)

 NORMAS PARA SISTEMA DE DISTRIBUCION						
ISO 9001 - 2000		PARTE A GUIA PARA DISEÑO CÓDIGO: DD.DID.722.IN.03				
HOJA 6 DE 6 NOMBRE DEL PROYECTO: Induacero LOCALIZACIÓN: Panamericana Sur Km 1 Sector Niagara USUARIO TIPO: A						
RENGLÓN	APARATOS ELÉCTRICOS Y DE ALUMBRADO			(CANT*Pn)	FSn ²⁸ (%)	(Ci*FSn)/100 DMU (W)
	DESCRIPCIÓN	CANT	Pn(W)	Ci (W)		
STD15						
C1	Lámpara Fluorescente	8	40	320	50	160
C2	Tomacorrientes	10	25	250	40	100
TOTAL (Kw)						0,26
STD16						
C1	Lámpara Fluorescente	4	40	160	50	80
C2	Tomacorrientes	12	25	300	40	120
C3	Lámpara Fluorescente	5	40	200	50	100
C4	Tomacorrientes	8	25	200	40	80
C5	Tomacorrientes	10	25	250	40	100
TOTAL (Kw)						0,48
TB2						
Soldadora por Arco Sumergido		1	43000	43000	20	8600
TOTAL (Kw)						8,6
Rótulo exterior	Reflectores de Cuarzo	4	500	2000	80	1600
TOTAL (Kw)						1,6

²⁸ Según encuestas realizadas en la empresa

8.3.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN MEDIANTE SOFTWARE EN LAS NAVES INDUSTRIALES.

Dialux versión 4.7 incluye varias funciones que se puede usar para los proyectos de iluminación de una forma rápida y sencilla, con una base de datos técnicos de luminaria específicamente del fabricante. Con la ayuda de este software hemos podido determinar el nivel de iluminación necesario en puestos de trabajo, elección del tipo de lámpara, sistema de iluminación, la altura de suspensión, distribución y número mínimo de los aparatos de alumbrado en cada uno de las naves industriales de la empresa Induacero, (ver Anexo 11).

8.3.5 SIMULACIÓN MEDIANTE SOFTWARE DE FLUJOS DE CARGA Y CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.

Para el presente estudio se ha empleado NEPLAN por la facilidad de adquisición de datos y por los resultados que despliega en cuanto se refiere a flujos de carga y corrientes de cortocircuito.

Los resultados principales que se obtienen del flujo de potencia son: magnitud y ángulo de fase del voltaje de cada barra del sistema (V, θ), potencia activa y reactiva que fluye por cada elemento del sistema (P, Q). Los resultados secundarios son las caídas de voltaje ($\% \Delta V$), y cargabilidad de los elementos ($\% P_{max}$).

A continuación se muestra el esquema del sistema eléctrico de la empresa Induacero, en él se detalla la red de alimentación y el centro de transformación con sus respectivas cargas máximas.

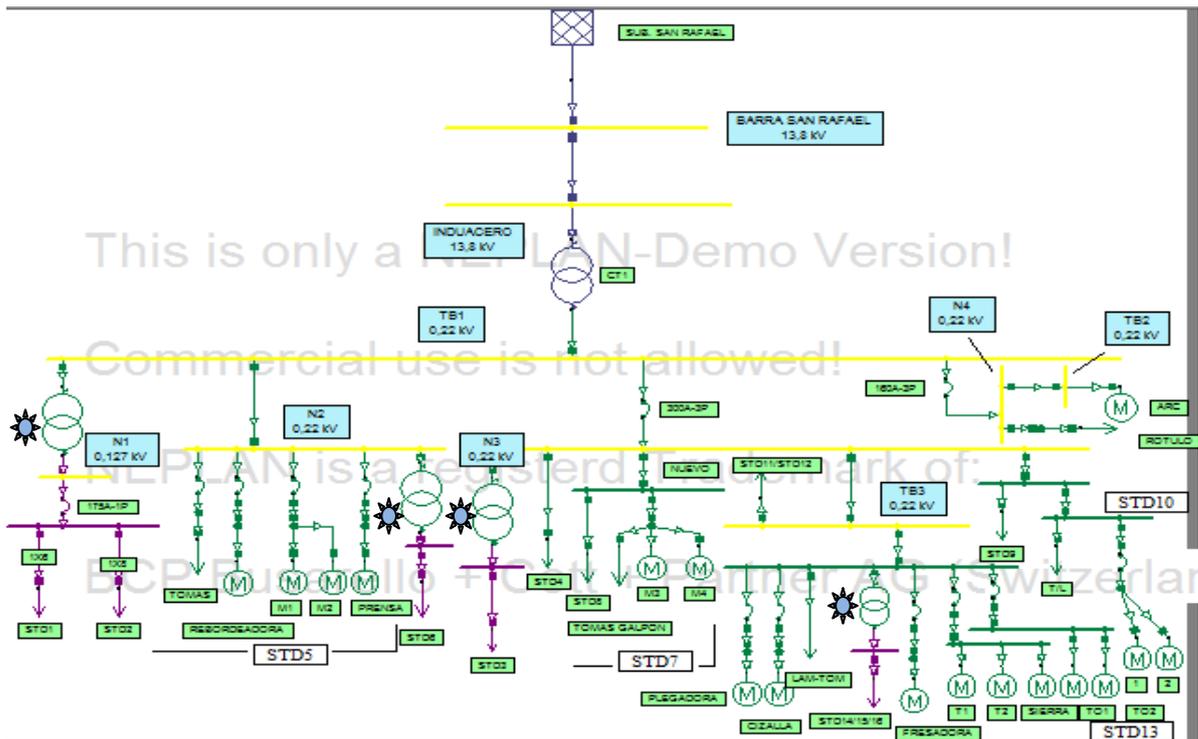


Fig. 3.5: Esquema del sistema Eléctrico Induacero.

☼ Estos transformadores no forman parte del sistema eléctrico de Induacero, solo se los utiliza para la simulación, para la transformación de 220-127 V.

Los resultados obtenidos en las barras son los siguientes:

Tabla 3.7: Resultados flujos de potencia NEPLAN en barras

No. de barra	Voltaje V	ΔV %	Ángulo V °	P Carga kW	Q Carga kvar	P Gen kW	Q Gen kvar
BARRA SAN RAFAEL	13800	100	0	0	0	71,4	25,7
INDUACERO	13787,5	99,9	0	0	0	0	0
TB1	217,6	98,9	-1,6	71,39	23,75	0	0
TB2	217,2	98,72	-1,7	3,28	0,82	0	0
TB3	209,7	95,3	-1,9	36,03	10,28	0	0
N1	125,3	98,65	-2,2	0,51	0,13	0	0
N2	217,2	98,72	-1,6	8,26	2,01	0	0
N3	215,8	98,07	-1,9	58,51	20,27	0	0
N4	217,5	98,86	-1,7	3,68	0,92	0	0

- Los resultados obtenidos en cada elemento del sistema son:

Tabla 3.8: Resultados flujos de potencia NEPLAN en elementos.

Elemento Nombre	Tipo Nombre	P kW	Q kvar	I A
SUB. SAN RAFAEL	Equivalente de red	71,46	26,07	3,2
CT1	Transformador 2 dev	71,39	26,06	3,2
175A-1P	Interruptor	0,51	0,13	2,4
REBORDEADORA	Máquina Asíncronica	3,36	0,84	9,2
M1	Máquina Asíncronica	0,32	0,08	0,9
M2	Máquina Asíncronica	0,32	0,08	0,9
PRENSA	Máquina Asíncronica	4,2	1	11,5
PLEGADORA	Interruptor	6,05	1,5	17,6
M3	Máquina Asíncronica	1,7	0,4	4,7
M4	Máquina Asíncronica	0,9	1	3,6
3X2(6)	Línea	3,6	1,4	10,4
PLEGADORA	Máquina Asíncronica	6	1,5	17,6
CIZALLA	Máquina Asíncronica	6,75	1,69	19,8
FRESADORA	Máquina Asíncronica	0,4	0,1	1,2
Taladradora1	Máquina Asíncronica	0,4	0,3	1,4
Taladradora2	Máquina Asíncronica	2,4	2,1	9,1
SIERRA	Máquina Asíncronica	1,6	0,4	4,7
Torno1	Máquina Asíncronica	11,8	2,9	34,9
Torno2	Máquina Asíncronica	2,4	0,6	7,1
Compresor1	Máquina Asíncronica	7,8	4,9	25,8
Compresor2	Máquina Asíncronica	3,9	2,4	12,8

Las corrientes de cortocircuito fueron simuladas de la siguiente manera:

1. Cada corriente de cortocircuito fue simulada una a la vez.
2. Las corrientes de cortocircuito corresponden a la simulación de fallas trifásicas balanceadas, las cuales son las corrientes de falla de mayor magnitud que se pueden presentar en dichos puntos del sistema.
3. Estas fallas se simulan en los nodos del sistema en donde se realiza el monitoreo.

Tabla 3.9: Resultados fallas de cortocircuito en barras.

Localización de la falla	Voltaje V	Icc KA	Angulo o	Tipo de falla
BARRA SAN RAFAEL	13,8	15,93	-89,88	Falla Trifásica
INDUACERO	13,8	3,606	-20,36	Falla Trifásica
TB1	0,22	5,475	75,04	Falla Trifásica
TB2	0,22	4,522	27,44	Falla Trifásica
TB3	0,22	3,608	10,49	Falla Trifásica
N1	0,127	0,257	-89,60	Falla Trifásica
N2	0,22	5,104	50,09	Falla Trifásica
N3	0,22	5,457	72,26	Falla Trifásica
N4	0,22	5,449	72,24	Falla Trifásica

8.3.6 DISEÑO DE AMPLIACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AIRE COMPRIMIDO.

Cada máquina y mecanismo de la empresa necesita una determinada cantidad de aire, siendo abastecido por los dos compresores, a través de una red de tuberías de acero galvanizado de ½ pulg, de diámetro, tabla 3.10. A continuación se detalla el procedimiento que se llevó a cabo para el diseño de la red de distribución de aire comprimido:

- Se levantó un plano acotado de la fábrica, en donde debe instalarse la red de distribución de aire comprimido, situando los puntos de consumo de aire y anotando este consumo, (ver Anexo 4).
- Se eligieron las distancias más cortas y se procuró que las conducciones sean lo más rectas posibles, evitando innecesarios cambios de dirección, codos dobles, curvas, piezas en T, derivaciones y reducciones de sección.
- Se trató que el montaje siempre sea aéreo de la red de tuberías, pues así se consigue una mejor inspección y un buen mantenimiento. Normalmente, se cuelga o suspende de los techos o paredes de la fábrica; con ello facilitamos la disposición de las bajadas de servicio y los puntos de drenaje.
- Se realizó una simulación de la red de aire comprimido, con el fin de reiterar la utilización de la tubería de acero galvanizado de ½ pulgada de diámetro

Tabla 3.10: Datos de Optimización del sistema Neumático.

EQUIPOS				
Equipo	Consumo		Pres. Trab	
		l/min	psi	
Rebordeadora de tapas		200	120-130	
3 Corte_ plasma		660		
2 Pistolas para pintar		300		
Pistolas limpieza		50		
Turbina Neumática		100		
TOTAL		1310	120-150	

COMPRESOR					
Factores	%	Consumo		Pres. Trab	
			l/min	psi	
Fact. Utiliz.	55		722	120-130	
Fugas	5		36.1		
Ampliación	20		144.4		
	TOTAL		902.5	120-130	
Equipos		Potencia			
		HP			
Rebordeadora		10			
3 corte_ plasma		5			
TOTAL		15			
SELECCIÓN		HP	l/min		
		15	908.4 (240 gal/min)		

TUBERÍA				
Distribución	Longitud	Diámetro	Pérdidas	Pendiente
	m	in	[Kg/cm²/10m]	%
Principal	144.8	1/2	0.045	0.5
Bajantes	12.4	1/2	0.045	0.0
Accesorios		Unidades		
Cuello de ganso		9		
Válvulas de globo de ½ in		15		
Filtro-Regulador-Lubricador		15		
Acoples rápidos ½ in		15		

8.3.7 SIMULACIÓN DE LA RED DE AIRE COMPRIMIDO.

Existen muchas empresas desarrolladoras de Software especializado para estudios de aire comprimido que permiten, realizar cálculos de tubería, pérdidas de presión, velocidad de circulación, pérdidas en accesorios, entre otras aplicaciones. En nuestro medio, los de uso más difundido son: Pipe Flow Expert, Solid Work y Fluidsim.

Para el presente estudio se ha empleado el software Pipe Flow Expert por la facilidad de adquisición de datos y por los resultados que despliega.

A continuación se muestra en la figura 3.6 el esquema de la red de aire comprimido de la empresa Induacero, en él se detalla la cámara de compresión y los puntos de consumo.

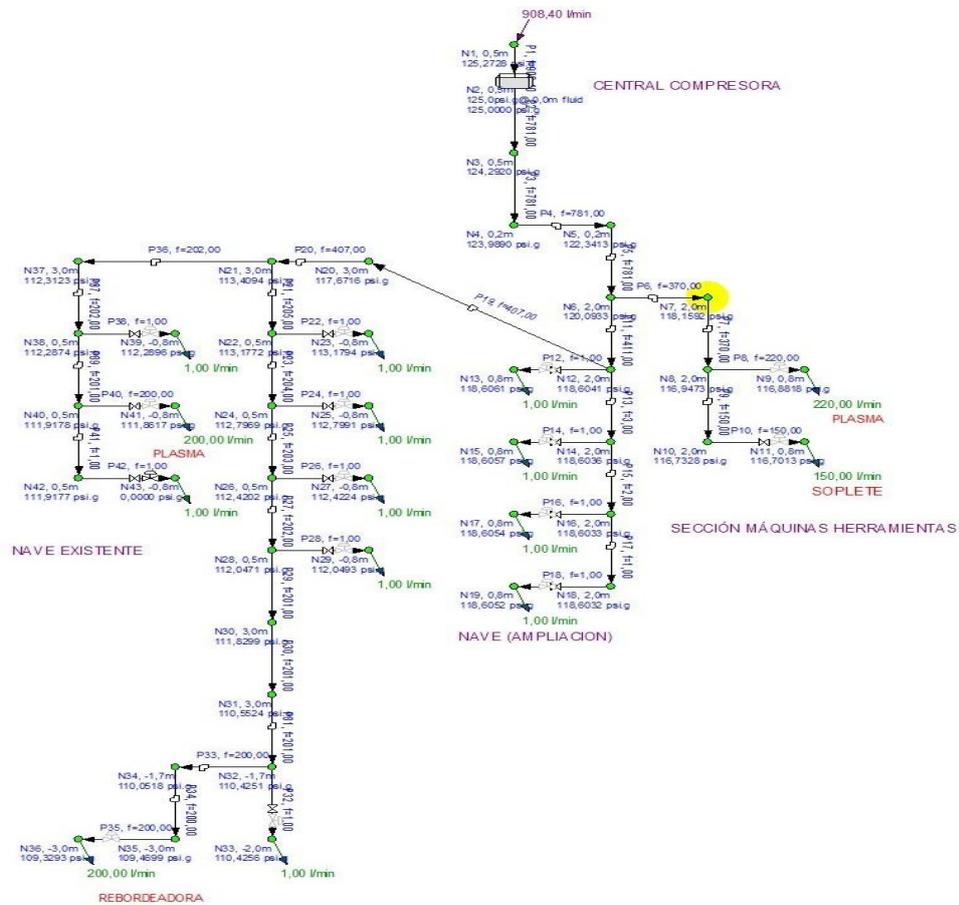


Fig. 3.6: Simulación de la Red de aire comprimido.

Tabla 3.11: Resultados de la simulación de la red de distribución de aire comprimido

Tubería	Longitud m	Accesorio	Total K	Caudal l/min	Velocidad m/sec	Elevación de entrada (m)	Elevación de salida (m)	Presión de entrada (psi.g)	Presión de salida (psi.g)	Número De Reynolds	Tipo de Flujo	Factor de fricción	Pérdidas por rozamiento (psi)	Pérdidas por accesorios (psi)
P1	0,200		0,00	908,40	79.773	0,500	0,500	125,27	125,00	82103	Turbulent	0,038	0,2728	0
P2	0,700		0,00	781,00	68.585	0,500	0,500	125,00	124,29	70589	Turbulent	0,038	0,7080	0
P3	0,300		0,00	781,00	68.585	0,500	0,200	124,00	123,99	70589	Turbulent	0,038	0,3034	0
P4	1.300	codo	0,81	781,00	68.585	0,200	0,200	123,99	122,34	70589	Turbulent	0,038	1,315	0,3328
P5	2.000	Tee	0,54	781,00	68.585	0,200	2.000	122,34	120,09	70589	Turbulent	0,038	2,0230	0,2219
P6	8.000	codo	0,81	370,00	32.492	2.000	2.000	120,09	118,16	33441	Turbulent	0,039	1,8594	0,0747
P7	5.000	Tee	0,54	370,00	32.492	2.000	2.000	118,16	116,95	33441	Turbulent	0,039	1,1621	0,0498
P8	0,800		0,00	220,00	19.320	2.000	0,800	116,95	116,88	19884	Turbulent	0,040	0,0676	0
P9	5.000	codo	0,81	150,00	13.173	2.000	2.000	116,95	116,73	13557	Turbulent	0,041	0,2022	0,0123
P10	0,800	Válvula de globo	0,08	150,00	13.173	2.000	0,800	116,73	116,70	13557	Turbulent	0,041	0,0324	0,0012
P11	5.000	Tee	0,54	411,00	36.093	2.000	2.000	120,09	118,60	37147	Turbulent	0,039	1,4278	0,0615
P12	0,800	Válvula de globo	0,08	1,00	0,088	2.000	0,800	118,60	118,61	90	Laminar	0,708	0,0000	0,0000
P13	5.000	Tee	0,54	3,00	0,263	2.000	2.000	118,60	118,60	271	Laminar	0,236	0,0005	0,0000

Tabla 3.11: Resultados de la simulación de la red de distribución de aire comprimido (continuación)

Tubería	Longitud m	Accesorio	Total K	Caudal l/min	Velocidad m/sec	Elevación de entrada (m)	Elevación de salida (m)	Presión de entrada (psi.g)	Presión de salida (psi.g)	Número de Reynolds	Tipo de Flujo	Factor de fricción	Pérdidas por rozamiento (psi)	Pérdidas por accesorios (psi)
P14	0,800	Válvula de globo	0,08	1,00	0,088	2.000	0,800	118,60	118,61	90	Laminar	0,708	0,0000	0,0000
P15	5.000	Tee	0,54	2,00	0,176	2.000	2.000	118,60	118,60	181	Laminar	0,354	0,0003	0,0000
P16	0,800	Válvula de globo	0,08	1,00	0,088	2.000	0,800	118,60	118,61	90	Laminar	0,708	0,0000	0,0000
P17	5.000	codo	0,81	1,00	0,088	2.000	2.000	118,60	118,60	90	Laminar	0,708	0,0002	0,0000
P18	0,800	Válvula de globo	0,08	1,00	0,088	2.000	0,800	118,60	118,61	90	Laminar	0,708	0,0000	0,0000
P19	3.000	codo	0,81	407,00	35.741	2.000	3.000	118,60	117,67	36786	Turbulent	0,039	0,8404	0,0904
P20	15.000	Tee	0,54	407,00	35.741	3.000	3.000	117,67	113,41	36786	Turbulent	0,039	4,2020	0,0603
P21	3.000	Tee	0,54	205,00	18.002	3.000	0,500	113,41	113,18	18528	Turbulent	0,040	0,2212	0,0153
P22	0,800	Válvula de globo	0,08	1,00	0,088	0,500	-0,800	113,18	113,18	90	Laminar	0,708	0,0000	0,0000
P23	5.000	Tee	0,54	204,00	17.915	0,500	0,500	113,18	112,80	18438	Turbulent	0,040	0,3651	0,0151
P24	0,800	Válvula de globo	0,08	1,00	0,088	0,500	-0,800	112,80	112,80	90	Laminar	0,708	0,0000	0,0000
P25	5.000	Tee	0,54	203,00	17.827	0,500	0,500	112,80	112,42	18348	Turbulent	0,041	0,3617	0,0150
P26	0,800	Válvula de globo	0,08	1,00	0,088	0,500	-0,800	112,42	112,42	90	Laminar	0,708	0,0000	0,0000
P27	5.000	Tee	0,54	202,00	17.739	0,500	0,500	112,42	112,05	18257	Turbulent	0,041	0,3583	0,0148
P28	0,800	Válvula de globo	0,08	1,00	0,088	0,500	-0,800	112,05	112,05	90	Laminar	0,708	0,0000	0,0000
P29	3.000		0,00	201,00	17.651	0,500	3.000	112,05	111,83	18167	Turbulent	0,041	0,2129	0
P30	18.000		0,00	201,00	17.651	3.000	3.000	111,83	110,55	18167	Turbulent	0,041	1,2775	0

Tabla 3.11: Resultados de la simulación de la red de distribución de aire comprimido (continuación)

Tuberí	Longitud m	Accesorio	Total K	Caudal l/min	Velocidad m/sec	Elevación de entrada (m)	Elevación de salida (m)	Presión de entrada (psi.g)	Presión de salida (psi.g)	Número de Reynolds	Tipo de Flujo	Factor de fricción	Pérdidas por rozamiento (psi)	Pérdidas por accesorios (psi)
P31	1.700	Tee	0,54	201	17.651	3.000	-1.700	110,55	110,43	18167	Turbulent	0,041	0,1207	0,0147
P32	2.000	Válvula de globo	0,08	1,00	0,088	-1.700	-2.000	110,43	110,43	90	Laminar	0,708	0,0001	0,0000
P33	5.000	codo	0,81	200,	17.563	-1.700	-1.700	110,43	110,05	18076	Turbulent	0,041	0,3515	0,0218
P34	8.000	codo	0,81	200	17.563	-1.700	-3.000	110,05	109,47	18076	Turbulent	0,041	0,5623	0,0218
P35	2.000		0,00	200	17.563	-3.000	-3.000	109,47	109,33	18076	Turbulent	0,041	0,1406	0
P36	15.000	codo	0,81	202	17.739	3.000	3.000	113,41	112,31	18257	Turbulent	0,041	1,0748	0,0223
P37	0,200	Tee	0,54	202	17.739	3.000	0,500	112,31	112,29	18257	Turbulent	0,041	0,0143	0,0148
P38	0,800	Válvula de globo	0,08	1,00	0,088	0,500	-0,800	112,29	112,29	90	Laminar	0,708	0,0000	0,0000
P39	5.000	Tee	0,54	201	17.651	0,500	0,500	112,29	111,92	18167	Turbulent	0,041	0,3549	0,0147
P40	0,800	Válvula de globo	0,08	200	17.563	0,500	-0,800	111,92	111,86	18076	Turbulent	0,041	0,0562	0,0022
P41	5.000	codo	0,81	1,00	0,088	0,500	0,500	111,92	111,92	90	Laminar	0,708	0,0002	0,0000
P42	0,800	Válvula de globo	0,08	1,00	0,088	0,500	-0,800	111,92	0,0000	90	Laminar	0,708	0,0000	0,0000

8.4 RED CENTRALIZADA DE GASES, PARA EL ABASTECIMIENTO DE ARGÓN.

El objetivo de nuestro estudio para el abastecimiento de Argón, es definir los parámetros básicos que se seguirán en cuanto a diseño, construcción, instalación, mantenimiento y operación de redes de distribución e instalaciones internas de gas, con el fin de garantizar la operación segura de los sistemas de distribución de gas de argón, refiriéndose a los aspectos técnicos relativos a la prestación del servicio.

8.4.1 REQUERIMIENTOS DE LA RED CENTRALIZADA DE GASES DE ARGÓN.

La empresa Induacero se encarga de la fabricación de pasteurizadoras, tanques de dilución, silos aislados, tanques refrigerados, bandas transportadoras, mezcladores de polvos, lavadoras de jabas, tanqueros, etc., que en su mayoría se fabrican en acero inoxidable, y por tal motivo se requiere de un procedimiento de soldadura por arco bajo gas protector con electrodo no consumible, también llamado TIG (Tungsten Inert Gas).



Fig. 3.7: Construcción de equipos industriales en acero inoxidable.

Actualmente se utiliza un porta cilindro, figura 3.8, lo que resulta un poco dificultoso su transporte dentro del área de trabajo. Respecto a su distribución, se realiza en cilindros individuales o baterías de cilindros de acuerdo al volumen requerido, y perfil de consumo.



Fig. 3.8: Sistema actual utilizado para el proceso de soldadura TIG.

8.4.2 SISTEMA CENTRALIZADO DE SUMINISTRO DE GAS ARGÓN

El sistema centralizado de suministro de gas se utilizará para reducir la alta presión primaria de los cilindros a presiones secundarias manejables y consistirá de dos bancos, figura 3.9, cada uno constituido por 5 cilindros de 10m³, ya que el consumo específico de argón es de 50 m³ semanalmente, quedando la posibilidad de reserva de un banco para motivos de mantenimiento o suministro de gas.



Fig. 3.9: Sistema Centralizado de cilindros de gas argón

8.4.2.1 Tubería Principal y secundaria

Se recomienda utilizar una tubería de cobre rígido tipo K de ½ " especiales para el transporte de gas en condiciones más severas de presión y temperatura.

8.4.2.2 Reguladores para cilindros

El regulador de cilindro está equipado con una conexión al cilindro, un manómetro de alta presión para monitorear el contenido del cilindro y un manómetro de baja presión para monitorear la presión secundaria ajustable, Si fuera necesario el ajuste de los caudales, el regulador de cilindro puede estar provisto de una válvula de aguja. En caso contrario, se encontrará provisto de una válvula de cierre. Opcionalmente, puede contar con una válvula de purga, que permite la limpieza del sistema contra contaminantes en cada cambio de cilindros.

8.4.2.3 Reguladores para puntos de uso

El punto de uso es la segunda etapa del sistema central de suministro de gas. Junto con el panel de gas, garantiza una presión de salida estable y maneja cualquier cambio de presión que pueda ocurrir en el sistema. Si utilizamos una central de gas semi – automática, maneja los cambios de presión ocasionados por los cambios del lado secundario al primario.

8.4.2.4 Simulación de la red de distribución de gas argón

Para el presente estudio se ha empleado el software Pipe Flow Expert, por tratarse de un software que me permite ingresar cualquier tipo de gas, en este caso argón y el material de la tubería, cobre de tipo K, (ver *Anexo 13*).

A continuación se muestra el esquema de la red de gas argón, figura 3.10 que se instalará en la empresa Induacero, en él se detalla la central de gas y los puntos de consumo.

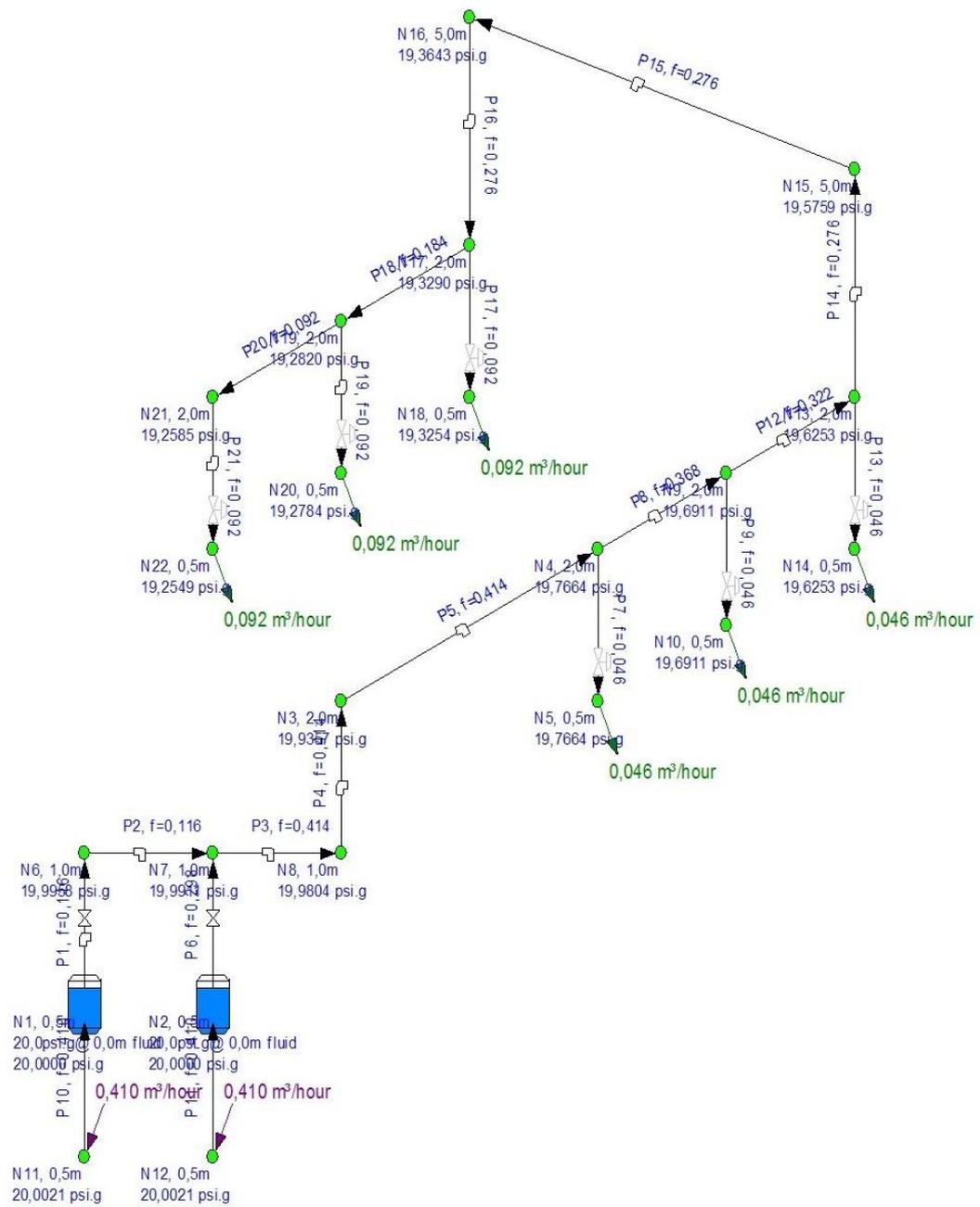


Fig. 3.10: Esquema de la red centralizada de gas argón.

- Los resultados obtenidos en el simulador pipe flow expert se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.12: Resultados de la simulación de la red de distribución de GAS Argón.

Tubería	Longitud m	Accesorio	Total K	Caudal m³/h	Velocidad m/sec	Elevación de entrada(m)	Elevación de salida (m)	Presión de entrada (psi)	Presión de salida (m)	Número de Reynolds	Tipo de Flujo	Factor de Fricción	Pérdidas por rozamiento (psi)	Pérdidas por accesorios (psi)
P1	0,500	codo-válvula de globo	0,89	0,116	0,230	0,500	1	20,00	20,00	5	Laminar	12.608	0,0030	0,0000
P2	0,800	Tee	0,54	0,116	0,230	1.000	1	20,00	19,99	5	Laminar	12.608	0,0048	0,0000
P3	0,500	codo	0,81	0,414	0,817	1.000	1	19,99	19,98	18	Laminar	3.546	0,0106	0,0001
P4	2.000	codo	0,81	0,414	0,817	1.000	2	19,98	19,94	18	Laminar	3.546	0,0423	0,0001
P5	8.000	Tee	0,54	0,414	0,817	2.000	2	19,94	19,77	18	Laminar	3.546	0,1693	0,0000
P6	0,500	válvula de globo	0,08	0,298	0,587	0,500	1	20,00	19,99	13	Laminar	4.934	0,0076	0,0000
P7	1.500		0,00	0,046	0,091	2.000	0,5	19,77	19,77	2	Laminar	31.914	0,0035	none
P8	4.000	Tee	0,54	0,368	0,726	2.000	2	19,77	19,69	16	Laminar	3.989	0,0752	0,0000
P9	1.500		0,00	0,046	0,091	2.000	0,5	19,69	19,69	2	Laminar	31.914	0,0035	none
P10	0,100		0,00	0,410	0,809	0,500	0,5	200,02	20,00	18	Laminar	3.581	0,0021	none
P11	0,100		0,00	0,410	0,809	0,500	0,5	20,00	20,00	18	Laminar	3.581	0,0021	none
P12	4.000	Tee	0,54	0,322	0,636	2.000	2	19,69	19,63	14	Laminar	4.559	0,0658	0,0000
P13	1.500		0,00	0,046	0,091	2.000	0,5	19,63	19,63	2	Laminar	31.914	0,0035	none
P14	3.000	codo	0,81	0,276	0,545	2.000	5	19,63	19,58	12	Laminar	5.319	0,0423	0,0000
P15	15.000	codo	0,81	0,276	0,545	5.000	5	19,58	19,36	12	Laminar	5.319	0,2116	0,0000
P16	3.000	Tee	0,54	0,276	0,545	5.000	2	19,36	19,33	12	Laminar	5.319	0,0423	0,0000
P17	1.500		0,00	0,092	0,182	2.000	0,5	19,33	19,33	4	Laminar	15.957	0,0071	none
P18	5.000		0,00	0,184	0,363	2.000	2	19,33	19,28	8	Laminar	7.979	0,0470	none
P19	1.500	Tee	0,54	0,092	0,182	2.000	0,5	19,28	19,28	4	Laminar	15.957	0,0071	0,0000
P20	5.000		0,00	0,092	0,182	2.000	2	19,28	19,26	4	Laminar	15.957	0,0235	none
P21	1.500	codo	0,81	0,092	0,182	2.000	0,5	19,26	19,25	4	Laminar	15.957	0,0071	0,0000

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO

4.1 ANÁLISIS TÉCNICO DEL SISTEMA ELÉCTRICO

9.1.1 ANÁLISIS DE LA POTENCIA INSTALADA

INDUACERO CIA.LTDA. en sus instalaciones posee una potencia instalada de aproximadamente 191.12 Kw, misma que distribuida en cada una de sus áreas de proceso se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4.1: Distribución de la carga instalada por áreas de proceso

Área	P instalada por área (kW)
Conformado de Cabezas para tanques	26,37
Construcción y montaje de equipos industriales	101,11
Máquinas Herramientas	45,49
Oficinas	5,33
Otros	12,82
Potencia total instalada (kW)	191,12

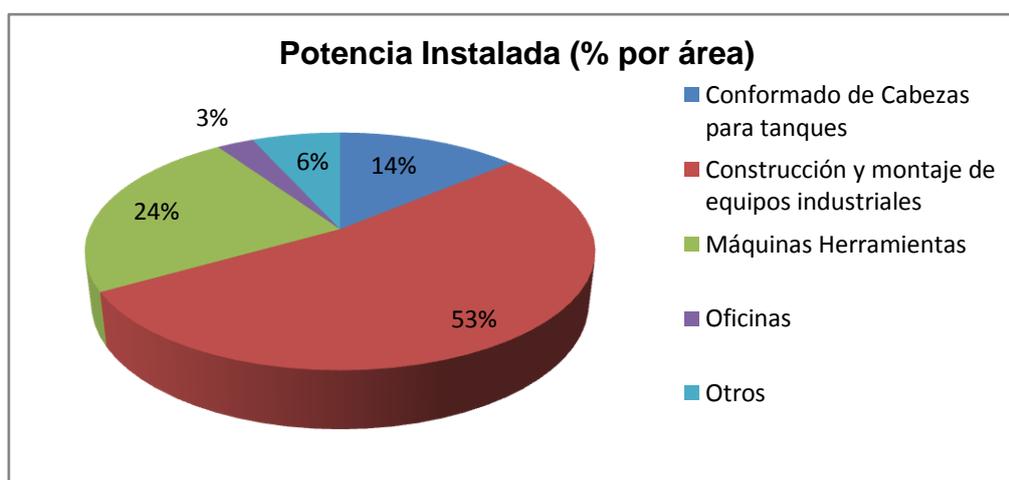


Fig. 4.1: Distribución de la carga instalada por áreas de proceso, en porcentaje.

La distribución de la carga eléctrica instalada según la aplicación del uso de la electricidad se muestra a continuación:

Tabla 4.2. Distribución de la carga eléctrica instalada según la aplicación del uso eléctrico

PUNTOS DE CONSUMO	P instalada (kW)	%
Iluminación	19,61	10,26
Equipos de oficina	7,154	3,74
Otros	10	5,23
Fuerza motriz de la maquinaria	154,35	81
TOTAL	191,12	100

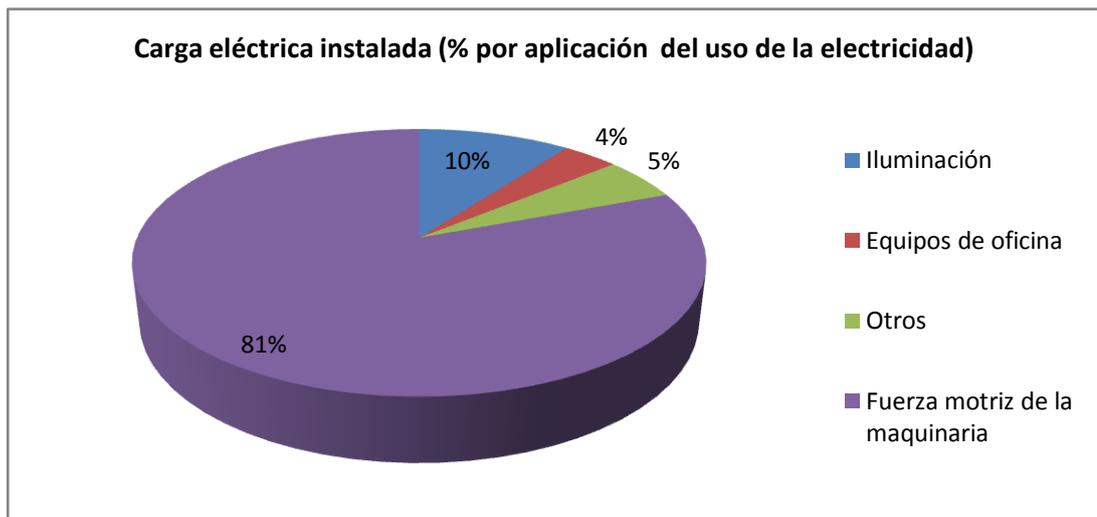


Fig. 4.2: Distribución de la carga eléctrica instalada según la aplicación del uso eléctrico, en porcentaje

9.1.2 CONSUMO Y FACTURACIÓN ELÉCTRICA

Para analizar el consumo y la facturación de la energía eléctrica consumida por la empresa, se recopilaron las facturas del año 2008, con la finalidad de apreciar la evolución de los parámetros eléctricos y sus costos:

Tabla 4.3: Resumen de parámetros de las planillas de pago de energía eléctrica durante el año 2008

Año		2008											TOTAL	
Mes		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Número de días de facturación		31	29	31	0	61	30	31	30	31	31	30	31	366
Energía (kWh)	07H00-22H00	7170	7692,0	7285	6038	7041	7694	9753	7349	7626	7090	6318	6954	88010
	22H00-07H00	2598	2933	730	914	776	905	982	620	1265	767	868	810	14168
Potencia (kW)	Normal	55	71	58	43	49	59	67	54	54	53	62	57	-
	Pico	34	46	47	35	40	57	55	46	46	44	43	62	-
Factores	Potencia (fp)	0,969	0,968	0,962	0,975	0,971	0,973	0,961	0,965	0,966	0,965	0,969	0,965	-
	Corrección (fc)													-
Energía total (kWh)		9768	10625	8015	6952	7817	8599	10735	7969	8891	7857	7186	7764	102178
COSTOS														
Costos energía (US\$)		725,43	785,88	619,43	535,4	603,66	661,43	823,55	543,5	552,0	479,7	436,7	473,4	7240,27
Penalización bajo fp		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Costos potencia (US\$)		192,10	262,88	272,17	222,2	231,68	331,26	317,29	234,0	210,0	200,7	194,5	234,7	2903,77
Valores de terceros (US\$)		268,56	279,39	264,48	169,3	257,95	273,17	174,63	94,35	93,41	93,73	93,41	93,63	2156,03
Costo total (US\$)		1186,0	1328,15	1156,08	927,04	1093,29	1265,86	1315,47	871,95	855,49	774,14	724,74	801,77	12300,07

Analizando los datos de la tabla se observa que no existen penalizaciones por bajo factor de potencia (fp).

La figura siguiente muestra el historial de la energía consumida durante el año 2008:

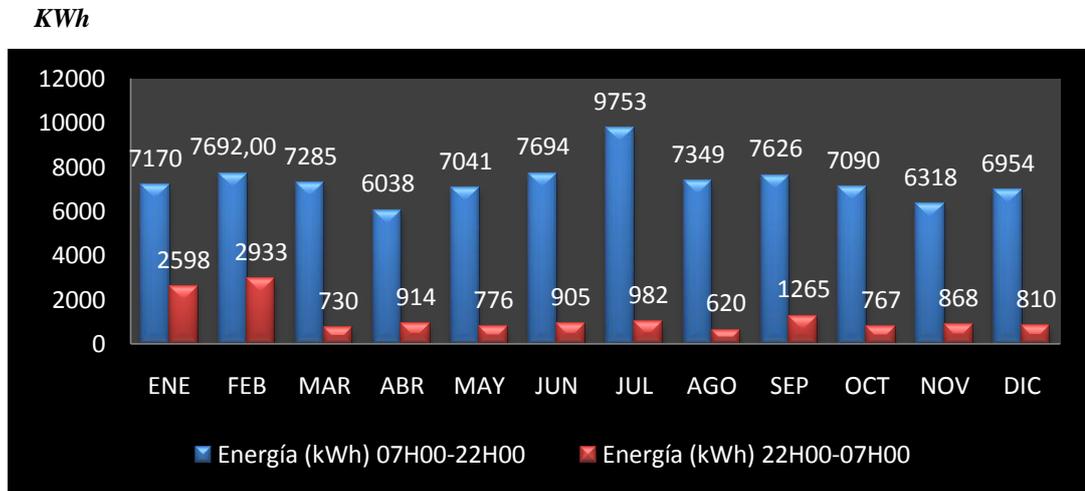


Fig. 4.3: Historial de la energía consumida durante el año 2008

Se puede apreciar que no existe un nivel de consumo de energía constante, presenta picos en los meses de Febrero, Junio y Julio, así como presenta valles en los meses de Abril y Noviembre.

La siguiente figura muestra el historial de la demanda de potencia durante el año 2008:

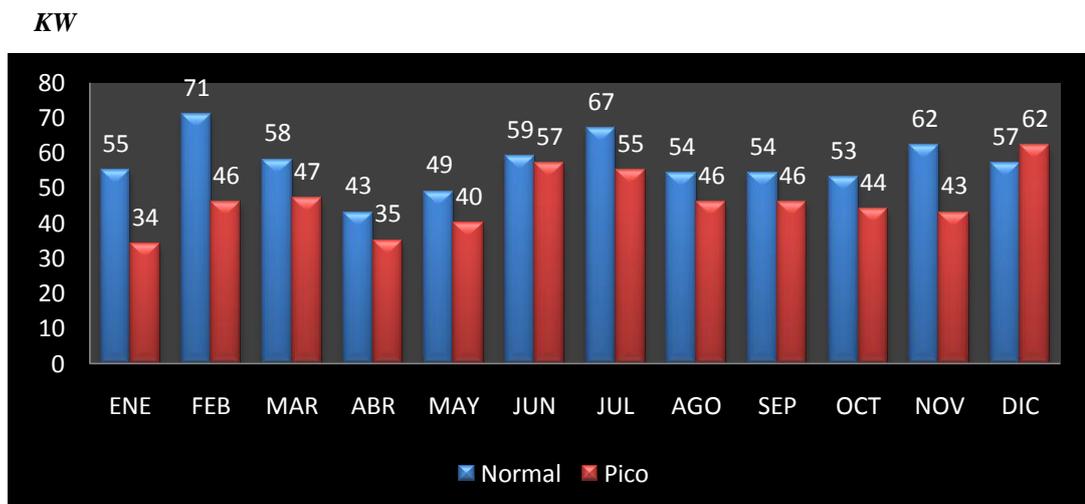


Fig. 4.4: Historial de la demanda de potencia durante el año 2008

Al observar la representación gráfica se puede concluir que los valores pico de potencia son regulares y muestran una tendencia hacia los 50kW.

9.1.3 PROPUESTAS DE ATENUACIÓN O ELIMINACIÓN DE PERTURBACIONES DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.

9.1.3.1 Distorsión armónica de corriente

Existe distorsión armónica de corriente en todo el sistema de baja tensión, debido a la gran cantidad de máquinas soldadoras de CD y el uso de aparatos electrónicos, que aumentan los porcentajes de armónicos en la red.

El propósito de los filtros activos es el de reducir los problemas anteriormente citados, de forma que la corriente que circula por la red sea senoidal y que la tensión aplicada a las cargas también lo sea.

De acuerdo a las ventajas y desventajas de los diferentes tipos de filtrado activos y pasivos, se considera utilizar un filtrado activo de compensación de armónicos, el ACCUSINE PCS del grupo Schneider el mismo que se encuentra diseñado para el filtrado de armónicos de forma activa desde el 2do – 50th armónico, que inyecta corrientes de polaridad opuesta de tal manera que resta las corrientes armónicas generadas por las cargas no lineales instaladas en la planta y a la vez hace corrección del factor de potencia. El ACCUSINE puede reducir los niveles de armónicos, de acuerdo con la norma IEEE 519.



Fig. 4.5: Filtrado de armónicos del grupo Schneider.

Si bien es cierto que la instalación de los filtros seleccionados garantiza una alta calidad de energía, desde el punto de vista económico no es factible, debido a que la red está funcionando pese a las consecuencias que trae consigo la distorsión armónica y la empresa distribuidora no contempla este parámetro como motivo de penalizaciones al momento de facturar. Sin embargo, es importante que previa a la instalación de nuevos equipos se realice un análisis de los armónicos que éstos inyecten, ya que filtrar armónicos es muy costoso y se puede prevenir al momento de comprar un equipo.

9.1.4 PROPUESTA DE SOLUCIÓN PARA INCREMENTAR EL NIVEL DE ILUMINACIÓN EN LAS NAVES INDUSTRIALES.

Para ayudar a incrementar el flujo luminoso en las naves se debe utilizar translucidos en los techos y paredes del galpón, siendo estos recomendables para días en los que son muy oscuros y se ve la necesidad de encender las luces a tempranas horas del día.



Fig. 4.6: Techos de naves industriales sin entrada de luz natural.

9.2 ANÁLISIS TÉCNICO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AIRE COMPRIMIDO.

9.2.1 PROPUESTA DE SOLUCIÓN PARA TUBERÍAS DE SERVICIO.

Uno de los principales problemas encontrados en la red de distribución de aire comprimido fue las tomas de aire para bajantes o tuberías de servicio instaladas en la parte inferior de la tubería. Deberían instalarse desde la parte superior, a fin de evitar que el agua condensada, que circula, por efecto de la gravedad, por la parte inferior de la misma, pueda ser recogida y llevada a los distintos equipos neumáticos conectados. Debe preverse un grifo de purga en su final.

9.2.2 PROPUESTA DE SOLUCIÓN PARA CAÍDAS DE PRESIÓN Y FUGAS DE AIRE.

Gran parte de los riesgos de caída de presión y fugas de aire se da al empleo impropio de los acoplamientos rápidos de empalme que se manejan para la unión de la manguera con la toma de aire en la red. Como el agujero de paso de estos accesorios es, necesariamente, por razones mecánicas, más pequeño que el diámetro de la manguera, ello ocasiona una estrangulación en el flujo de aire y, por consiguiente una debilitación de la presión de aire en el punto de consumo.

Por ello, es un error practicar la costumbre de normalizar las mangueras de aire a los racores de unión conservando un diámetro fijo para todo tipo de herramienta, pues se debe tener bien presente que a cada herramienta se le ha de dar la entrada de aire que precisa con alimentación por la manguera de diámetro correcto, el cual, generalmente, viene indicado en catálogo por el fabricante de la misma.

9.2.3 PROPUESTA PARA EL TRATAMIENTO ADECUADO DE AIRE EN LOS PUNTOS DE UTILIZACIÓN.

Al llegar el aire al punto de utilización quedan residuos de aceite y vapor de agua, así como pequeñas impurezas procedentes de la atmósfera, que conviene eliminar mediante la colocación de filtros en la línea de actuación del aire comprimido. Por ello, incorporaremos al sistema: filtros, reguladores de presión, lubricadores.

9.3 PROPUESTAS DE MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES ELECTROMECÁNICAS.

Se propone la realización de un plan de mantenimiento preventivo que garantice el funcionamiento confiable de los sistemas, ya que tiene un período de actividad de alrededor de 9 años y se desconoce los antecedentes de operación y mantenimiento de las instalaciones.

El mantenimiento tendrá que ir enfocado principalmente en los puntos de la red de baja tensión y en la red de distribución de aire comprimido, que se describen a continuación.

9.3.1 SISTEMA DE BAJA TENSIÓN 220/127 V

Las recomendaciones en cuanto al sistema de baja tensión principalmente van dirigidas a la limpieza de los ductos en los que se encuentran alojados los diferentes conductores.

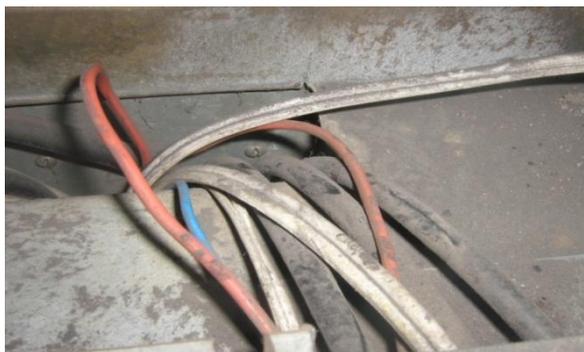


Fig. 4.7: Falta de limpieza en canaletas y conductores

A continuación vamos a resumir las recomendaciones para cada uno de los tableros de distribución en los que es necesario un mantenimiento preventivo.

Tabla 4.4: Características en tableros de distribución.

Recomendación Tablero	Limpieza en general	Reajuste de terminales	Reordenamiento de conductores	Rotulación de cada circuito	Señales de advertencia
STD1		X		X	X
STD2		X		X	X
STD3	X	X	X	X	X
STD4	X	X	X	X	X
STD5	X	X	X	X	X
STD6	X	X	X	X	X
STD7	X	X		X	X
STD8	X	X	X	X	X
STD9	X	X	X	X	X
STD10	X	X	X	X	X
STD11	X	X	X	X	X
STD12	X	X	X	X	X

9.3.2 RED DE DISTRIBUCIÓN DE AIRE COMPRIMIDO.

Se deberá realizar una limpieza de todas las unidades de acondicionamiento de aire debido a los sólidos encontrados en las mismas.



Fig. 4.8: Filtros en desperfecto estado

Además se propone la creación de un departamento exclusivamente de supervisión de personal y mantenimiento encargada de instruir y controlar los malos hábitos que tienen los trabajadores, con el fin de mejorar el medio en el que se trabaja actualmente.



Conductor eléctrico sujeto en la tubería de aire

Fig. 4.9: Unidad de mantenimiento en puntos de consumo.



Fig. 4.10: Puntos de consumo Obstruidos.

9.4 DETERMINACIÓN DE COSTOS.

9.4.1 DETERMINACIÓN DE COSTOS PARA EL REDISEÑO Y DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO.

Con el análisis que se realizó en el capítulo 3 en cada uno de los tableros se llegó a la determinación que se debía deshabilitar cargas en el sub tablero de distribución 7, para las nuevas instalaciones, procediendo a realizar una nueva instalación eléctrica para este tablero correspondiente a la sección de construcción y montaje de equipos industriales, y los costos de esta nueva instalación se detallan a continuación:

Tabla 4.5: Costos para el rediseño en nuevos conductores seleccionados

Descripción	Cantidad	Valor Total
Cable 7 hilos No. 6 Tipo THHN	75 mts	112,35
Tubería conduit 1 3/4 "	25 mts	48,00
Mano de Obra		100,00
Codos	5	3,00
Pernos y abrazaderas	30	5
Cajas de conexión	3	1,00
Costo Total:		269,35

9.4.1.1 Costos para el Diseño de ampliación de las instalaciones eléctricas

Para las nuevas instalaciones de la sección de máquinas herramientas (STD11) se realizarán las siguientes adquisiciones.

Tabla 4.6: Costos para el diseño de las instalaciones eléctricas.

Descripción	Cantidad	Valor total
Centro de carga trifásico de 30 polos	1	150,00
Cable 7 hilos No. 2 Tipo THHN	150 mts	571,35
Cable 7 hilos No. 4 Tipo THHN	50 mts	104,50
Barra de cobre 1/8 x 3/4	3 mts	40,93
Sujeción de barras	10	30,00
cable flexible No. 10	300 mts	183,00
Cable 7 hilos No. 8 Tipo THHN	75 mts	303,75
cable flexible No. 12	200 mts	78,00
Conduit flexible de 1"	10 mts	31,90
Breaker SQ-D 63 A -3P	2	64,60
Breaker SQ-D 40 A -3P	1	32,30
Breaker SQ-D 20 A -3P	2	64,60
Breaker SQ-D 16 A -3P	2	64,60
Tacos fisher F6	100	2,68
tornillo colepato 1x8	100	2,00
Costo Total:		1724,21

9.4.2 DETERMINACIÓN DE COSTOS PARA EL REDISEÑO Y DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AIRE COMPRIMIDO.

Para el mantenimiento de la red de distribución se deberá instalar nuevos acondicionadores de aire en los puntos de consumo, ya que los mismos se encuentran en muy malas condiciones, y para las nuevas instalaciones se deberá

realizar la ampliación de la tubería de acero galvanizado de ½ pulg y de igual manera se deberá instalar acondicionadores filtro-regulador-lubricador. A continuación se detalla el monto total de inversión en el sistema de aire comprimido.

Tabla 4.7: Costos para el rediseño y diseño de las instalaciones neumáticas.

Descripción	Cantidad	Valor total
Tubería de acero Galvanizado de 1/2 pulg.	60 m	150,00
Válvulas de globo de 1/2 pulg	6	30,00
Acoples rápidos	6	60,00
Codos de 90º	5	3,00
Tee	10	15,00
Unidad de mantenimiento F-R-L	6	480,00
Costo Total:		738,00

9.4.3 OFRECIMIENTO DE UNA RED CENTRALIZADA PARA EL ABASTECIMIENTO DE ARGÓN POR PARTE DE LA COMPAÑÍA AGA.

La compañía AGA ofrece a la empresa Induacero la instalación de la red centralizada de gas argón de forma gratuita a cambio de exclusividad de consumos de productos AGA.

Aga en conjunto con el cliente definen los equipos nuevos que se necesitan ya sea para: reemplazar maquinaria actual, cambio de procesos, ampliaciones de parque de maquinaria. Instalaciones de red para gases industriales.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se desarrolló una base de datos de las condiciones actuales de carga del sistema eléctrico y neumático de la empresa Induacero, tomando en cuenta las protecciones instaladas, calibre, trayectoria y longitud de conductores, potencia instalada, puntos de consumo de aire, entre otros.
- En el Rediseño y optimización de las instalaciones electromecánicas se realizó el levantamiento de planos arquitectónicos, eléctricos, neumáticos y diagramas unifilares de cada tablero de distribución.
- El rediseño de los elementos de corte y protección para las diferentes instalaciones del sistema se realizó en condiciones nominales, de sobrecarga y de cortocircuitos.
- El 6.58% de los conductores y el 4% de las protecciones están mal dimensionados; este inconveniente pone en riesgo a los equipos instalados así como a los componentes de los circuitos de baja tensión en condiciones de falla.
- Según el historial de la demanda de potencia durante el año 2008 se puede concluir que los valores pico de potencia son regulares y muestran una tendencia hacia los 50kW.
- El funcionamiento del sistema eléctrico de la empresa Induacero se simuló en el software NEPLAN versión 5.2, que confirmó el cálculo realizado para la falla de cortocircuito en las barras de voltaje del tablero principal.

- Se utilizó el software de iluminación DIALUX 4.7 para el diseño de iluminación en las naves industriales determinando el nivel de iluminación necesario en puestos de trabajo, elección del tipo de lámpara, la altura de suspensión, distribución y número mínimo de los aparatos de alumbrado.
- Se levantó un plano acotado de la fábrica, en donde se encuentra instalada la red de tubería de aire comprimido y la red de tubería para las nuevas instalaciones, situando los puntos de consumo de aire y anotando este consumo.
- Para el rediseño y diseño de la red de distribución de aire comprimido se utilizó el software Pipe Flow expert, que permitió obtener las pérdidas de presión por rozamiento, por accesorios y tipo de fluido que circula por cada tramo de la red.
- Se realizó un estudio específico sobre la red centralizada para el abastecimiento de argón detallando el tipo de material, accesorios, principio de funcionamiento, y complementando este estudio con una simulación en el software Pipe Flow expert.
- Se determinó la factibilidad técnica y económica del rediseño y la optimización de las instalaciones electromecánicas, por tanto la ampliación es conveniente y beneficia a la empresa Induacero.
- En el presente trabajo consta información organizada y actualizada, que contribuirá a la localización y solución de problemas que se presenten posteriormente en el sistema eléctrico y neumático de la empresa INDUACERO.

5.2 RECOMENDACIONES

- El crecimiento de carga tiene que ser planificado e implementado con un estudio previo de la disponibilidad de potencia y de las características del circuito a utilizar.
- Es necesaria la señalización de los calibres, la tensión y la dirección de los conductores que atraviesan las cajas de revisión de las redes subterráneas, para facilitar la identificación de los circuitos y de las fallas que pudieren ocurrir.
- Es posible el mejoramiento de la distorsión armónica, que pese a no ser penalizada por la empresa suministradora, es indispensable para un adecuado funcionamiento de los diferentes equipos que se encuentran conectados a la red.
- Revisar periódicamente las fugas en las tuberías de aire comprimido, reajustando adecuadamente los acoples rápidos de tuberías y mangueras, controlando las presiones en los diferentes puntos de consumo.
- Corregir los daños encontrados en los filtros de las unidades de mantenimiento, ubicadas en los puntos de consumo ocasionados por la oxidación y realizar un plan de mantenimiento que permita tener una distribución de aire libre de impurezas.
- Almacenar los cilindros de argón en un lugar ventilado, lejos de áreas con mucho tráfico de personas, con el fin de prevenir ataques químicos o daños mecánicos, como corte o abrasión sobre la superficie del cilindro.
- El área de almacenamiento debe encontrarse delimitada, con el fin de evitar el paso de personal no autorizado, que puedan manipular de forma incorrecta los cilindros de argón.

- Instruir al personal de trabajo, el uso adecuado de las instalaciones sobre medidas de seguridad y funcionalidad de los equipos y sistemas instalados en la empresa.

- Se considera imprescindible la readecuación de los elementos de protección en los circuitos señalados ya que es un requerimiento de confiabilidad para futuros estudios.

- Instalar translucidos en los techos y paredes de las naves industriales que ayuden a mejorar el flujo luminoso, evitando el uso excesivo de sistemas de iluminación en tempranas horas.

- Realizar un plan de mantenimiento enfocado en las propuestas de solución que se expuso, de manera que se realicen inmediatamente, dadas las condiciones adversas en las que se encuentran las instalaciones de aire comprimido.

- Crear un departamento de mantenimiento, donde se mantenga ordenada toda la información de la maquinaria existente en la empresa, con el fin de realizar nuevos estudios posteriores de una base de datos actualizada.

- Poner a disposición del personal del departamento de mantenimiento el presente estudio, para sustentar el crecimiento organizado y confiable de la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

- José García Trasancos "Instalaciones Eléctricas en Media y Baja Tensión" Madrid: Paraninfo, 2003.
- Bratu y Campero "Instalaciones Eléctricas" 2^{da} Edición, 1992.
- Ángel Lagunas Marqués "Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión Comerciales e Industriales" 5^{ta} Edición, 2001.
- Gilberto Enríquez Harper "Protección de Instalaciones Eléctricas Industriales y Comerciales" 1^{era} Edición, 1994.
- Gilberto Enríquez Harper "Guía para el diseño de Instalaciones Eléctricas Residenciales, Industriales y Comerciales" 2^{da} Edición, 2003.
- Gilberto Enríquez Harper "El ABC de las Instalaciones Eléctricas Industriales" 1^{era} Edición, 1985.
- Gilberto Enríquez Harper "Elementos de diseño de las instalaciones eléctricas industriales" 2^{da} Edición, 2002.
- Gilberto Enríquez Harper "Manual de Aplicación del reglamento de instalaciones Eléctricas" 2^{da} Edición, 2003.
- José Ramírez Vázquez "LUMINOTECNIA" 8.^a Edición CEAC, 1993.
- Enrique Carnicer "Aire Comprimido – Teoría y Cálculo de las instalaciones" Madrid: Paraninfo, 1994.
- Oscar Martínez "Tecnología Industrial del Sistema Neumático" Quito: Producciones Digitales U.P.S, 2002.
- Antonio Guillén Salvador "Aplicaciones industriales de la Neumática" 1^{era} Edición, 1988.
- Joseph W. Giachino "Técnica y práctica de la soldadura" Editorial Reverté, 1998.
- INDURA S.A. "Sistemas y Materiales de Soldadura"
- Robert L. Moot "Mecánica de Fluidos Aplicada" 4^{ta} Edición, 1996.
- CRANE "Flujo de Fluidos en válvulas, accesorios y tuberías" México, DF: Crane, 1992.

- **PÁGINAS WEB:**

- <http://www.venturelightingeurope.com/es/metal-halide-lamps/wattages.php>
- <http://www.venturelightingeurope.com/pdf/data/es/241/x/00008.pdf>
- <http://www.venturelightingeurope.com/es/metal-halide-lamps/groups.php>
- <http://www.havells-sylvania.com/content/view/99/32/>
- http://es.wikipedia.org/wiki/American_Petroleum_Institute
- <http://exp-grafica.uma.es/Profesores/www-jrad/document/dir-proyectos/iluminacion.pdf>
- www.MillerWelds.com
- <http://www.electrocable.com/electrocables/espanol/cobre/thhn.htm>
- http://www.conectapyme.com/files/publica/OHSAS_tema_5.pdf
- http://www.bticino.com.ve/bticino/box_VE/contents/techlibrary/es_VE/files/C5_techlibrary_232_document_EN.pdf
- http://www.schneiderelectric.com.mx/opencms/opencms/SchneiderElectric/modules/Productos/resources/SquareD/documents/Interruptores_TMxS_tipo_zapata.pdf

AUTORÍA

Latacunga, Octubre 2009

Elaborado por:

Galo Rodrigo Beltrán Semblantes

EL DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
ELECTROMECAÁNICA

Ing. Mario Jiménez

EL SECRETARIO ACADÉMICO DE LA ESPE-L

Ab. Eduardo Vásquez Alcázar

