

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Diseño de red de alimentación eléctrica y de control para nueva planta de Nopco Colombiana S.A.

Cristhian Jiménez González

Ingeniería Electromecánica

Juan Gonzalo Ardila

Martha Cecilia Guzmán

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

2015

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

RESUMEN

El objetivo del presente proyecto es el diseño de red eléctrica de alimentación y control durante la adecuación de una nueva planta de la empresa NOPCO COLOMBIANA S.A., realizando los cálculos según las normas establecidas en nuestro país: la RETIE y la NTC 2050; para la subestación eléctrica, calibres de cable y colores según su tensión, las protecciones tanto de aguas adentro como de aguas afuera, longitudes de los cables, protecciones de los motores a adecuar en el traslado de la planta nueva: tableros eléctricos, transformadores, etc. La metodología implica el cálculo detallado y los diagramas unifilares de las instalaciones eléctricas de la compañía, basados en la predicción de cómo quedaría estructurada la planta después de dicho traslado, después de tener definida el área de trabajo y la ubicación de los equipos se proceden a calcular longitudes, protecciones, etc. Al final se presentan los planos detallados de instalación de los equipos en su nueva distribución en planta y planos eléctricos; planos unifilares detallados que permiten el montaje de todo el circuito eléctrico de alimentación de potencia y control. La ejecución del proyecto deja la satisfacción de aplicar los conocimientos adquiridos durante la formación recibida en el INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO en la solución de un problema industrial real, y haber sido de utilidad en tal proceso.

Palabras clave: NTC 2050, RETIE, Calibres de cable, subestación eléctrica, instalación eléctrica, diseño eléctrico

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

RECONOCIMIENTOS

Doy gracias a Dios por haberme dado la oportunidad de cumplir el sueño de terminar mis estudios, a mis padres y a mi hermana, amigos y especialmente a nuestros educadores en especial a mis asesores en este trabajo de grado por guiarme en esta salida.

A Nopco Colombiana S.A.

Le agradezco al personal de la empresa en especial al personal de mantenimiento por su colaboración y por brindarme la oportunidad de aportar a la organización en todos los proyectos en especial el proyecto de traslado.

AL INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

Por ofrecer los conocimientos (teóricos, prácticos) y acompañarme en el camino hacia una nueva etapa.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

ACRÓNIMOS

RETIE: Reglamento de instalaciones eléctricas adoptado por Colombia.

NTC 2050: norma técnica aprobada o adoptada como tal por el organismo nacional de normalización.

AWG: American Wire Gage: Calibre de alambre Americano

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers

MT: Media tension

NEMA: National Electrical Manufacturers Association

A.C: Corriente alterna

C.C: Corriente continúa

NEC: National Electrical Code

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. Generalidades	7
1.2. Objetivos	8
1.2.1. General.....	8
1.2.2. Específicos	8
1.3. Organización del trabajo.....	9
2. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. Instalaciones eléctricas	11
2.2. Norma NTC 2050	11
2.3. RETIE: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas	13
2.4. Rediseño e instalación de procesos.....	13
2.5. Ámbitos que influyen en el desempeño	14
2.6. Metodología del diseño y ejecución del proceso (traslado)	14
2.7. Beneficios del buen diseño del proyecto.....	15
3. METODOLOGÍA	17
3.1. Análisis de escenarios	17
3.2. Toma de datos.....	18
3.3. Cálculo de iluminación.....	18
3.4. Cálculos de tramos de alimentación.....	20
3.5. Cálculos de control y potencia de alimentación de los equipos	23
3.5.1. Nivel 3.	24
3.5.2. Nivel 2.	29
3.5.3. Nivel 1.	36
3.6. Listado de materiales y cotizaciones	40
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4.1. Toma de datos.....	41

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

4.2.	Cálculos de tramos de alimentación.....	42
4.3.	Planos unifilares.	43
4.4.	Listado de materiales y cotizaciones	44
5.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO.....	46
	REFERENCIAS	47
	APÉNDICE	¡Error! Marcador no definido.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Generalidades

La empresa NOPCO COLOMBIANA S.A, encargada de la producción de aditivos químicos que se encontraba ubicada en el municipio de Bello, decidió vender el terreno para la construcción de unidades residenciales, resuelve reubicarse en el municipio de Marinilla, construyendo allí una hermosa planta con todos los equipos y servicios necesarios para su buen funcionamiento; por problemas ajenos a la compañía no puede abrir; teniendo así que buscar nuevos horizontes, terminando por ubicarse en dos sub-plantas en los Municipios de Barbosa y Girardota por dos años aproximadamente, en el primer municipio se tenían deficiencias importantes, como son los servicios de agua, energía y gas, que limitaban el buen funcionamiento y cumplimiento con sus clientes. Además de numerosas incomodidades como son las condiciones ambientales, condiciones estructurales, etc. Por lo cual se decide realizar un traslado de la planta ubicada en Barbosa para una nueva sede también en el municipio de Girardota; donde se encuentra ubicada actualmente una de las sub-sedes. Para este traslado se deben adecuar equipos existentes en la compañía y automatizar nuevos procesos, realizando un análisis y posteriormente un diseño eléctrico, dicho trabajo se realiza bajo el contexto del Código Eléctrico Colombiano y debe obligatoriamente enmarcarse en los parámetros de la globalización establecidos a nivel mundial.

Vale la pena resaltar el invaluable valor agregado que representa para el país el Código Eléctrico Colombiano, dado que es la culminación de las necesidades nacionales en aspectos de seguridad para las instalaciones eléctricas en construcciones, basadas en parámetros aplicados y validados mundialmente, los cuales garantizan al usuario una utilización segura y confiable de las instalaciones eléctricas. Por otro lado, obedeciendo a la necesidad de preservar sus fuentes, como uno de los objetivos medioambientales que

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

se deben lograr para evitar su agotamiento. Sin lugar a dudas el Código Eléctrico Colombiano es una herramienta fundamental para el sector eléctrico nacional en general y para los profesionales que se desempeñan en esta área, ya que establece los requisitos que unos deben solicitar y otros deben aplicar, brindando transparencia en los procesos de contratación y calidad en la ejecución de los trabajos, todo enfocado al beneficio de los clientes y usuarios en todos los niveles. Corresponde a todos los organismos estatales y privados, relacionados con el área de cobertura y aplicación de este Código, promover su cumplimiento creando un compromiso serio con respecto a su utilización. Es particularmente necesario, en este aspecto, adoptar este código como de aplicación oficial obligatoria y especialmente, aclarar las responsabilidades y labores específicas de vigilancia y control y trámite de excepciones, para propender por una aplicación expedita de los requisitos consignados en el documento (ICONTEC, 1998).

1.2. Objetivos

1.2.1. General

Diseñar la red de alimentación eléctrica y control para una nueva planta ubicada en el parque industrial de Girardota de propiedad de Nopco Colombiana S.A.

1.2.2. Específicos

- Analizar los diferentes escenarios donde pueda quedar estructurado el nuevo traslado.
- Toma de datos específicos de equipos a adecuar en el nuevo montaje eléctrico.
- Calcular los tramos de alimentación y control de los equipos según planos CAD, de la estructuración final de planta.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

- Realizar los cálculos de alimentación de los equipos y protecciones de los mimos, realizando un listado de materiales.
- Cotizar y presupuestar elementos eléctricos, electromecánicos y de control para la adecuación de la nueva planta.
- Elaborar trabajo escrito final donde quede tabulado los cálculos, planos, materiales y cotizaciones necesarias para realizar el diseño de la nueva planta.

1.3. Organización del trabajo.

En el presente informe del trabajo desarrollado para el cálculo y re-diseño de la alimentación eléctrica de la nueva planta de la empresa Nopco Colombiana S.A, se encuentra en el capítulo 1, la descripción de los problemas principales que llevaron a la empresa a realizar los traslados, los objetivos trazados a la hora de realizarlo y la importancia en el país de las normas y códigos en los que se basaron los encargados de realizar el cálculo final para tomar las decisiones.

Por otra parte, en el capítulo 2 se justifica los estudios, conceptos y teorías que son fundamentales conocer para el proceso ejecutado en dicho proyecto, las cuales ayudan a comprender mejor los argumentos dados en el capítulo anterior, estas ideas y teorías son recolectadas gracias a la ayuda de trabajos similares anteriormente presentados, además de libros, normas y artículos científicos.

Más adelante, en el capítulo 3 se muestran los pasos y actividades puntuales realizadas; siguiendo unas metodologías propuestas por autores de libros y artículos científicos basados en diseño y reestructuración, donde se empiezan a reseñar los avances del proyecto por medio de tablas, figuras, formulas y planos finales de diseño.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

En el mismo sentido, como paso necesario, en el capítulo 4 se muestran los resultados finales de un análisis detallado donde se incluyen cálculos, cotizaciones y se evidencia la realización de todos los pasos anteriormente descritos.

Finalmente, en el capítulo 5 se presentan todas las conclusiones resultantes del trabajo realizado, las observaciones o recomendaciones de los profesores asesores de dicho trabajo, compañeros y fabricantes de los insumos eléctricos cotizados.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Instalaciones eléctricas

Una instalación eléctrica es uno o varios circuitos eléctricos destinados a un uso específico y que cuentan con los equipos necesarios para asegurar el correcto funcionamiento de ellos y los aparatos eléctricos conectados a los mismos, estas se dividen según su tensión en **instalaciones de alta tensión**: las cuales son aquellas instalaciones en las que la diferencia de potencial máxima entre dos conductores es superior a 1.000 voltios (1 kV), **instalaciones de baja tensión**: son aquellas instalaciones en las que la diferencia de potencial máxima entre dos conductores es superior a 1.000 voltios (1 kV) y en **instalaciones de muy baja tensión**: que son las instalaciones en las que la diferencia de potencial máxima entre dos conductores es inferior a 24 voltios (Bratu, 2010).

Lo descrito anteriormente está regido por unas normas técnicas internacionales las cuales se encargan de estandarizar y hacer cumplir a las empresas y personas autorizadas de los montajes eléctricos sobre las protecciones, calibres, distancias y demás mecanismos que brinden seguridad; para Colombia rigen las siguientes:

2.2 Norma NTC 2050

La Norma Técnica Colombiana (NTC 2050) está basada en el National Electrical Code (NEC) cuyo objeto es la salvaguardia de las personas y de los bienes contra los riesgos que pueden surgir por el uso de la electricidad, basado en parámetros aplicados y válidos mundialmente. Particularmente, las normas de seguridad, están diseñadas para evitar accidentes. Su práctica y correcta aplicación deben proporcionar los mecanismos mínimos que garanticen la seguridad de las personas, de la vida animal y vegetal y de la preservación del medio ambiente; previniendo y minimizando los riesgos de origen eléctrico. El código eléctrico Colombiano es una herramienta fundamental para el sector eléctrico en general y para los profesionales que se desempeñen en esta área, ya que establece los requisitos que unos deben solicitar y otros deben aplicar, brindando

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

transparencia en los conceptos de contratación y calidad en la ejecución de los trabajos todo enfocado al beneficio de los clientes y usuarios en todos los niveles (ICONTEC, 1998). Para el cálculo del diseño requerido para la nueva instalación a montar se han tomado las siguientes tablas y secciones mostradas en la tabla 1.

Tabla 1. Secciones y tablas aplicadas de la NTC 2050

SECCIONES O TABLAS	DESCRIPCION
tabla 310-16	capacidad de corriente permisible en conductores eléctricos
Sección 240-3.	Protección de los conductores
Tabla 310-61	Aplicaciones y aislamiento de los conductores
Tabla C1	Número máximo de conductores y conductores para aparatos en tuberías eléctricas metálicas -tipo EMT
sección 250-94	Calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra en instalaciones de corriente alterna
sección 430	Motores
Sección 220	cálculos de los circuitos alimentadores, ramales y acometidas
sección 240	Protección contra sobre corriente
sección 250	puesta a tierra
sección 318	bandejas porta cables
sección 430-22	selección de conductor
430-32	selección de protección contra sobre-cargas
Tabla 430-150	Corriente a plena carga de motores trifásicos de corriente alterna
Tabla 250-95	Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos
Tabla 430-152	Capacidad nominal máxima o ajuste de disparo de los dispositivos de protección para circuitos ramales de motores contra cortocircuito y falla a tierra
Sección 430-61.	Protección del alimentador de motores contra cortocircuito y falla a tierra
Tabla 210-21.b).3	Capacidad de corriente de tomacorrientes en circuitos de diversa capacidad

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

2.3 RETIE: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas

Es un documento técnico-legal que establece medidas que garanticen la seguridad de las personas, de la vida animal y vegetal y de la preservación del medio ambiente, previniendo, minimizando y eliminando los riesgos de origen eléctrico. La RETIE aplica para todos los procesos de la energía eléctrica: generación, transmisión, transformación, distribución y utilización final, en este último proceso es donde se hace más énfasis, ya que es allí donde ocurre la mayor cantidad de accidentes de origen eléctrico. Resulta evidente que en el área de la utilización, las personas que tienen un contacto directo y cotidiano no siempre se encuentran capacitadas de forma apropiada para tal fin. Es allí donde radica la importancia de la inspección, donde se revisa que las instalaciones incorporen los requisitos exigidos por este estamento y el usuario pueda contar con una instalación segura (RETIE, 2014).

Para el cálculo del diseño requerido para la nueva instalación a montar se han tomado las siguientes tablas y secciones mostradas en la tabla 2.

Tabla 2. Secciones y tablas aplicadas de la RETIE

ARTICULOS	DESCRIPCION
Artículo 10	Requerimientos generales de las instalaciones eléctricas
Artículo 17	Iluminación
Capítulo 3.20.2	Alambres y cables para uso eléctrico
Capítulo 3.20.13	contactores
Capítulo 3.20.22	Motores y generadores eléctricos

2.4 Rediseño e instalación de procesos

Es una metodología que tiene amplio rango de aplicación dado que se usa para el rediseño de procesos o nueva adecuación de los mismos, previo a la implantación de tecnología o mejoramientos con miras a futuro. De igual forma se usa en el rediseño o diseño de nuevos procesos para la introducción de nuevos productos o servicios (Mayorga, 2007).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Las dimensiones de optimización en el rediseño son: reducción de los tiempos de ciclo, mejoramiento de la calidad de los productos y servicios y reducción de costos, el rediseño establece los cambios que deberán efectuarse en la situación actual, y detalla cómo se ejecutarán los nuevos procesos. Es la fase más importante; ya que se definirán las nuevas formas de operar y su desempeño (Heyl, 2011).

2.5 Ámbitos que influyen en el desempeño

Estructural: Cambio y reestructuración de la planta en otro espacio donde se mejoran las condiciones de trabajo, tanto ambiental y profesional como personalmente. Cambia el área de trabajo, instalando la misma cantidad de equipos existentes en un espacio más cómodo y donde se mejora la calidad del trabajador además de la posible adecuación de más mecanismos electromecánicos. **Productividad:** Después de realizar los estudios y la ejecución del traslado, la conexión eléctrica de la nueva planta brindará la oportunidad de conectar más equipos y de esta manera aumentar la producción de la planta, generando más demanda para la empresa. **Integración:** Mejorar el grado de integración entre la estrategia operacional (procesos) y la de mantenimiento, garantizando la alta eficiencia y disponibilidad de los equipos. **Incorporación de tecnología:** Automatización de procesos y adecuación de nuevas tecnologías que permitan el alto desempeño y competencia con respecto a las grandes empresas tanto nacionales como internacionales (Garate, 2002).

2.6 Metodología del diseño y ejecución del proceso (traslado)

La metodología consta de cuatro fases: 1. **Definición del proceso:** involucra el establecimiento de los objetivos del proceso dado, una definición de sus límites e interfaces, sus entradas y salidas principales, departamentos involucrados en la ejecución del proceso, los clientes que se benefician del proceso, y aquellos que proporcionan entradas. 2. **Captura y representación del proceso base:** Es necesario ajustar el proceso detalladamente, incluyendo los cálculos y modelaciones en software relacionados con

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

electricidad y montajes eléctricos utilizados en el diseño de la nueva planta. **3. Evaluación del proceso (instalación eléctrica):** Involucra técnicas y criterios para análisis y evaluación de procesos. La meta es la identificación de problemas y debilidades en el proceso. La evaluación del proceso es una actividad cuantitativa. Existe un fuerte énfasis en la identificación y medición de los indicadores clave de rendimiento del proceso. Lo que vaya a ser medido depende de lo que sea importante para el estudio en particular, y estará relacionado con la definición del proceso. **4. Diseño del proceso objetivo:** Es el diseño del nuevo proyecto para la compañía, siempre buscando mejoras, en este caso eficiencia eléctrica. Se requiere de un estudio previo teórico seguido de una buena práctica para realizar el nuevo proyecto de la mejor manera. El diseño y ejecución del proyecto también envuelve consideraciones técnicas como: modernizar y automatizar procesos, mejorando el rendimiento y eficiencia de los equipos (Rodríguez, 2010).

2.7 Beneficios del buen diseño del proyecto

Los beneficios de realizar el proyecto de traslado se presentan en diferentes líneas: La principal es la eficiencia de la planta después de dicho traslado. Generalmente las empresas hacen cambios y ajustes a sus procesos y sus políticas desde el punto de vista interno, entre las directivas principales de la compañía, y no preguntan entre los trabajadores que son los encargados directos de realizar los procesos; en este caso las personas encargadas del traslado, teniendo estos mejores ideas y recomendaciones para realizar el proyecto de la manera más adecuada. Siguiendo con el análisis de las actividades siempre en búsqueda de mejorar la eficiencia a la hora de realizar el proyecto, lo primero que se debe de hacer antes de empezar los trabajos, es realizar un buen estudio de las metodologías a aplicar siempre teniendo en cuenta las fechas programadas para las entregas establecidas, coordinando con proveedores entregas de materiales y servicios solicitados por la compañía. Luego viene la estandarización de la operación, lo que significa que si ya he definido las actividades a desarrollar, estas se deben ejecutar de forma sencilla y clara. Generalmente se van cumpliendo los objetivos día a día propuestos

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

desde el principio para siempre estar al tanto de lo que se está realizando para que todo marche según lo planeado, finaliza el proyecto cumpliendo todos los objetivos propuestos desde el inicio (Schneider Electric, 2012).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

3. METODOLOGÍA

3.1. Análisis de escenarios

El proyecto de diseño y restructuración de la nueva planta de NOPCO COLOMBIANA S.A, empieza con la toma de decisiones de la posible ubicación, partiendo de mediciones de espacios y aéreas en diferentes bodegas en el parque industrial de Girardota, los integrantes encargados del proyecto teniendo en cuenta experiencias anteriores y verificando posibles conexiones eléctricas desde los transformadores exteriores que alimentaban las bodegas, toman la decisión de alquilar la bodega 110, por la distribución de áreas; donde se visualiza la mejor ubicación de los equipos a adecuar, además de la comodidad para alimentar la subestación interna que se desea adecuar para los ramales que energizan todos los equipos como son motores, moto-reductores, bombas, etc. se procede a realizar planos estructurales en programas de diseño mecánico (SolidEdge® de Siemens), con medidas reales de áreas de la bodega, para tener claro donde quedarían los equipos montados, y las distancias entre equipo y tablero de control y tablero de control a tablero de potencia. En la figura 1 y la figura 2, se muestra el diseño estructural de la planta a adecuar, con los equipos montados en la estructura; estas imágenes son los planos de la ubicación final.

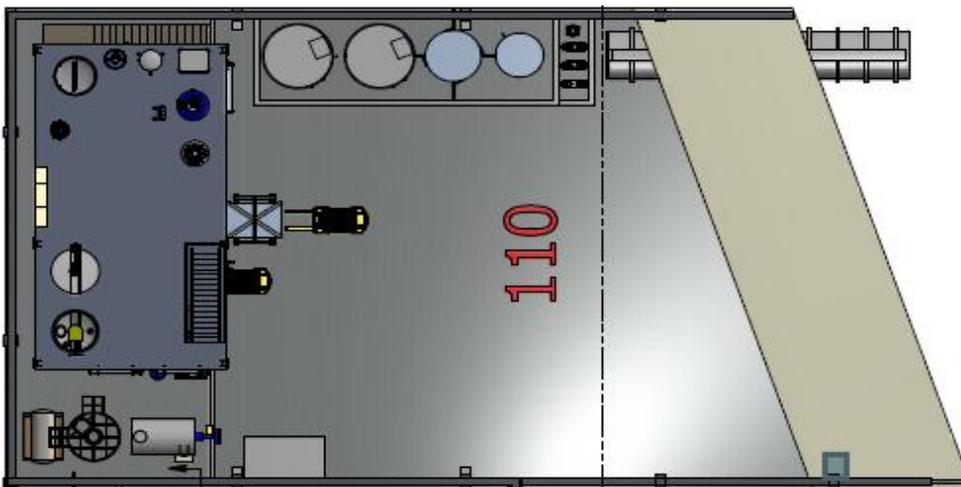


Figura 1. Planos estructurales

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16



Figura 2. Diseño estructural

3.2. Toma de datos

Después de realizar los planos estructurales se sigue con la toma de datos de los equipos a instalar, más específicamente los datos como son potencia, voltaje y corriente en la placa de motores, moto-reductores y bombas.

3.3. Cálculo de iluminación

En base a los criterios vistos en la formación académica y con la experiencia en los montajes anteriores se procede a realizar el cálculo de iluminación eléctrica de la plataforma donde quedaran ubicados los equipos en este montaje, este cálculo se referencian las luminarias a montar en cada nivel y el número de lámparas que quedarían instaladas en cada uno de los niveles de la nueva planta a adecuar.

Iluminación fluorescente T8

Potencia de lámpara 32 W

Flujo luminoso 2950 lm

Eficiencia 92,2%

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Índice de cavidad local o RCL (K)

RETILAP = Reglamento técnico de iluminación y alumbrado publico

Capítulo 4, sección 410.

Procesos químicos

Nivel de iluminancia (lx)= mínimo = 200, promedio = 300, máximo 500

$$K = \frac{5 * hm * (l + a)}{l * a}$$

$$K = \frac{5 * 3.05(13,55 + 7,65)}{13,55 * 7,64}$$

$$K = 3,1305$$

$$CU = 0.64$$

$$FM = 0,89$$

$$\Phi_{teorico\ total} = \frac{E_{promedio} * A}{CU * FM}$$

$$\Phi_{teorico\ total} = \frac{300 * 13,55 * 7,65}{0,64 * 0,89}$$

$$\Phi_{teorico\ total} = 54594,89\ lm$$

$$Numero\ lámparas = \frac{\Phi_{teorico\ total}}{flujo\ luminoso * lámparas\ x\ luminaria}$$

$$Numero\ lámparas = \frac{54594,89}{2950 * 2}$$

$$Numero\ lámparas = 9.25 \approx 10\ Por\ nivel$$

$$\Phi_{real} = numero\ de\ lámparas * flujo\ luminoso * lámparas\ x\ luminaria$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

$$\varnothing_{real} = 10 * 2950 * 2$$

$$\varnothing_{real} = 59000 \text{ lx}$$

$$E_{promedio} = \frac{\varnothing_{real} * CU * FM}{A}$$

$$E_{promedio} = \frac{59000 * 0,74 * 0,89}{13,55 * 7,64}$$

$$E_{promedio} = 376,744 \text{ lm}$$

Cumple ya que se encuentra entre lo que dice la norma RETILAP antes mencionada, está en el rango promedio de 300 lx más que el mínimo que era 200 lx y menor que el máximo que es 500 lx.

3.4. Cálculos de tramos de alimentación

Seguido de la toma específica de datos de motor, teniendo definida un área de trabajo y basados en los planos estructurales y lay-outs de la nueva planta a adecuar, la actividad siguiente es realizar los cálculos de los tramos de alimentación desde el transformador principal a los tableros ML y los tramos desde los gabinetes de potencia a los tableros de control y maniobra de los motores de agitación, moto-reductores y bombas de proceso-planta. Estos cálculos se hacen basados en la norma colombiana NTC 2050, dicha norma nos permite encontrar calibres, protecciones y equipos de distribución. En la figura 3, figura 4, y figura 5, se puede apreciar cada nivel detallado con los equipos a instalar con su respectiva nomenclatura (TAG), además de que en el nivel 3 (figura 3) se puede ver el tablero de potencia, en el cual irán instalados todos los breakers. La información reportada en los planos ayuda a calcular los tramos de los ramales de alimentación de los motores o tableros de control y maniobra al tablero de potencia, y así poder hacer regulación de voltaje según la fórmula 1.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Fórmula 1. Regulación de voltaje

$$\Delta V = \frac{2 \cdot Z \cdot L \cdot I}{v_f} = \Delta V \leq 3 \% \text{ (segun norma NTC 2050)}$$

Dónde:

Z= impedancia de conductor

L= Longitud del conductor

I= Corriente permisible del calibre del conductor

V_f= Voltaje de fase – Neutro

NOTA: según la norma y después de realizar los cálculos las longitudes máximas para los calibres son:

AWG N°14 = 32 mts

AWG N°10 = 47 mts

AWG N°8 = 51 mts

AWG N°6 = 63 mts

AWG N°4 = 76 mts

AWG N°2 = 87 mts

AWG N° 1/0 = 102 mts

AWG N° 2/0 = 114 mts

AWH N° 3/0 = 122 mts

AWG N° 4/0 = 130 mts

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

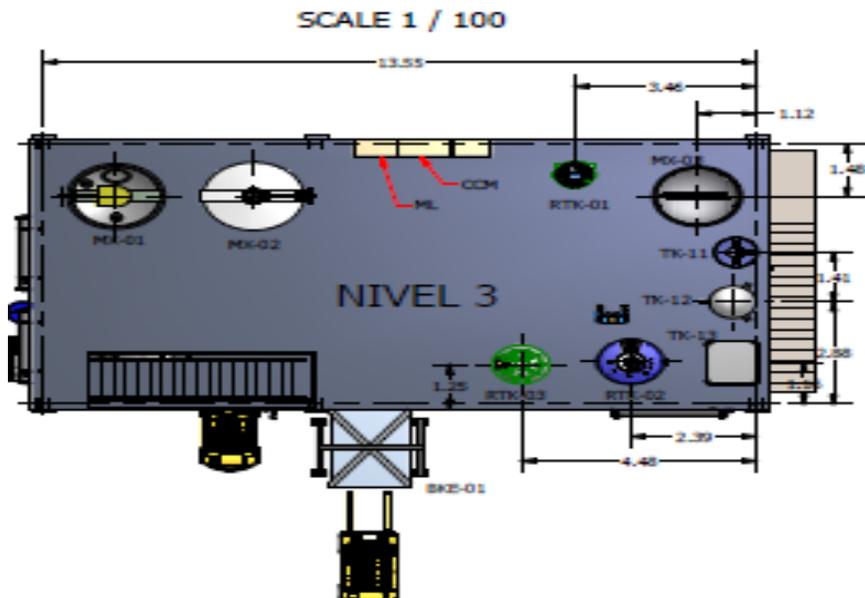


Figura 3. Plano estructural de distribución planta, nivel 3

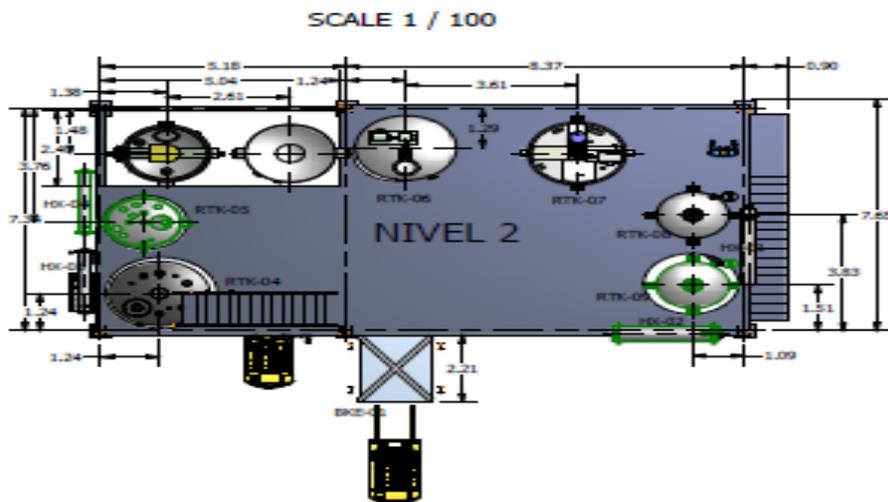


Figura 4. Plano estructural de distribución planta, nivel 2

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

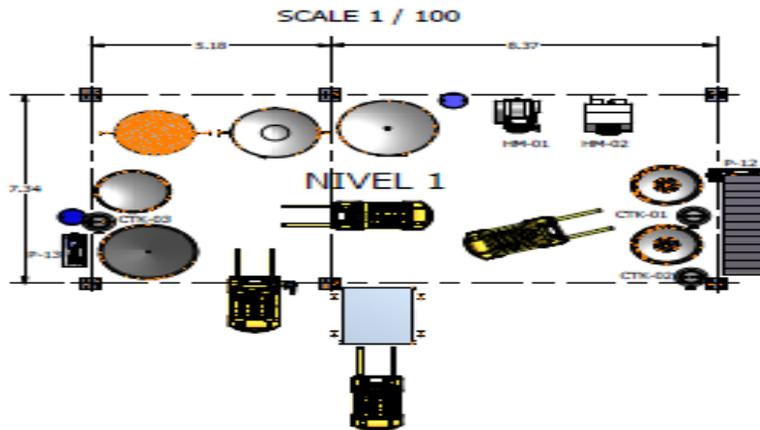


Figura 5. Plano estructural de distribución planta, nivel 1

3.5. Cálculos de control y potencia de alimentación de los equipos

El siguiente paso es realizar los cálculos eléctricos, estos cálculos están basados en la norma NTC 2050, de las secciones y tablas mencionadas en la tabla 1 con antelación, los cálculos se realizan para cada motor ya que todos los datos son diferentes para cada uno. En la tabla 3, se nombra y se describen las fórmulas utilizadas para el cálculo de la instalación eléctrica de la nueva sub-planta de propiedad de NOPCO COLOMBIANA S.A

Tabla 3. Formulas

FORMULAS	COMENTARIOS
$I_r = K * I_n$	Cálculo del Relé térmico
$I_n = \frac{P * 746}{f_p * \eta * V}$	Cálculo de corriente de placa
$I_{cond} = K * I_n$	Cálculo de corriente del conductor
$I_m = K * I_n$	Cálculo de Relé de corto circuito

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

3.5.1. Nivel 3.

A continuación se reportan los cálculos realizados para los equipos MX-01 Y MX-02, sus especificaciones técnicas de placa se reportan en la tabla 4.

Tabla 4. Especificaciones de placa de los equipos MX-01 y MX-02.

Motor 3φ	Potencia (P):7,5 HP	Factor de potencia (FP):0,74	Eficiencia (η): 0,76
Voltaje (V): 440 V	Corriente (I):13 A	Factor de servicio (FS):1,15	Tipo de servicio : S1

Cuando el motor es S1, se utiliza I_n

$$I_n = \frac{P * 746}{fp * \eta * V}$$

$$I_n = \frac{7,5 * 746}{0,74 * 0,76 * 440}$$

$$I_n = 22,61 \text{ A}$$

$I_{cond} = K * I_n$ Donde $K=1,25$ (se explica en la sección 430-23)

$$I_{cond} = 1,25 * 22,61$$

$$I_{cond} = 28,26 \text{ A}$$

Se procede a la NTC 2050, tabla 310-16 y tabla 250-95; y se lee el calibre de los conductores según su corriente.

AWG N° 10, CU THWN 75° C (Conductor fase)

AWG N° 10 CU THWN 75° C (Conductor tierra)

Breaker = 3x30 A

Se selecciona tubería según la tabla C1,

EMT ½", hasta 5 conductores N°10.

Calculo del Relé térmico

$$I_r = K * I_n$$

$$I_r = 1,15 * 22,61 \text{ Donde } K = 1,15 \text{ (sección 430-32)}$$

$$I_r = 26 \text{ A}$$

Calculo de Relé de corto circuito

 ITM Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

$I_m = K * I_n$ Donde $K = 2,5$ (tabla 430-152)

$$I_m = 2,5 * 22,61$$

$$I_m = 56,535 \text{ A}$$

Calculo del alimentador al tablero de potencia

$I_{cond} = 1,25 * I_{\text{Motor mayor}} + I_{\text{Demas}}$ (sección 430-150)

$$I_{cond} = 1,25 * 11 + 11$$

$$I_{cond} = 24,75 \text{ A}$$

Se procede a la NTC 2050, tabla 310-16 y tabla 250-95; y se lee el calibre de los conductores según su corriente.

AWG N° 10, CU THWN 75° C (Conductor fase)

AWG N° 10 CU THWN 75° C (Conductor tierra)

Breaker = 3x30 A, este Breaker está ubicado en el tablero de potencia.

Se selecciona tubería según la tabla C1,

EMT ½", hasta 5 conductores N°10.

A continuación se reportan los cálculos realizados para los equipos MX-03, RTK-02 y RTK-03, sus especificaciones técnicas de placa se reportan en la tabla 5.

Tabla 5. . Especificaciones de placa de los equipos MX-03, RTK-02 y RTK-03.

Motor 3φ	Potencia (P):3 HP	Factor de potencia (FP):0,89	Eficiencia (η): 0,8
Voltaje (V): 440 V	Corriente (I):4 A	Factor de servicio (FS):1,15	Tipo de servicio : S1

Cuando el motor es S1, se utiliza I_n

$$I_n = \frac{P * 746}{fp * \eta * V}$$

$$I_n = \frac{3 * 746}{0,89 * 0,8 * 440}$$

$$I_n = 7,14 \text{ A}$$

 ITM Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

$I_{cond} = K * I_n$ Donde $K=1,25$ (se explica en la sección 430-23)

$$I_{cond} = 1,25 * 7,14$$

$$I_{cond} = 8,9 A$$

Se procede a la NTC 2050, tabla 310-16 y tabla 250-95; y se lee el calibre de los conductores según su corriente.

AWG N° 14, CU THWN 75° C (Conductor fase)

AWG N° 14 CU THWN 75° C (Conductor tierra)

Breaker = 3x15 A

Se selecciona tubería según la tabla C1,

EMT ½", hasta 12 conductores N°14.

Calculo del Relé térmico

$$I_r = K * I_n$$

$$I_r = 1,15 * 7,14 \text{ Donde } K = 1,15 \text{ (sección 430-32)}$$

$$I_r = 8,211 A$$

Calculo de Relé de corto circuito

$$I_m = K * I_n \text{ Donde } K = 2,5 \text{ (tabla 430-152)}$$

$$I_m = 2,5 * 7,14$$

$$I_m = 17,85 A$$

A continuación se reportan los cálculos realizados para el equipo RTK-01, su especificación técnica de placa se reporta en la tabla 6.

Tabla 6. Especificaciones de placa del equipo RTK-01

Motor 3φ	Potencia (P):1 HP	Factor de potencia (FP):0,9	Eficiencia (η): 0,85
Voltaje (V): 440 V	Corriente (I):1,7 A	Factor de servicio (FS):1,15	Tipo de servicio : S1

Cuando el motor es S1, se utiliza I_n

$$I_n = \frac{P * 746}{fp * \eta * V}$$

 ITM Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

$$I_n = \frac{1 * 746}{0,9 * 0,85 * 440}$$

$$I_n = 2,21 \text{ A}$$

$I_{cond} = K * I_n$ Donde $K=1,25$ (se explica en la sección 430-23)

$$I_{cond} = 1,25 * 2,21$$

$$I_{cond} = 2,77 \text{ A}$$

Se procede a la NTC 2050, tabla 310-16 y tabla 250-95; y se lee el calibre de los conductores según su corriente.

AWG N° 14, CU THWN 75° C (Conductor fase)

AWG N° 14 CU THWN 75° C (Conductor tierra)

Breaker = 3x15 A

Se selecciona tubería según la tabla C1,

EMT ½", hasta 12 conductores N°14.

Calculo del Relé térmico

$$I_r = K * I_n$$

$$I_r = 1,15 * 2,21 \text{ Donde } K = 1,15 \text{ (sección 430-32)}$$

$$I_r = 2,54 \text{ A}$$

Calculo de Relé de corto circuito

$$I_m = K * I_n \text{ Donde } K = 2,5 \text{ (tabla 430-152)}$$

$$I_m = 2,5 * 2,21$$

$$I_m = 5,525 \text{ A}$$

Calculo del alimentador al tablero de potencia

$$I_{cond} = 1,25 * I_{\text{Motor mayor}} + I_{\text{Demas}} \text{ (sección 430-150)}$$

$$I_{cond} = 1,25 * 4,8 + 4,8 + 4,8 + 2,1$$

$$I_{cond} = 17,7 \text{ A}$$

Se procede a la NTC 2050, tabla 310-16 y tabla 250-95; y se lee el calibre de los conductores según su corriente.

AWG N° 14, CU THWN 75° C (Conductor fase)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

AWG N° 14 CU THWN 75° C (Conductor tierra)

Breaker = 3x20 A, este Breaker está ubicado en el tablero de potencia.

Se selecciona tubería según la tabla C1,

EMT ¾", hasta 22 conductores N°14.

A continuación se reportan los cálculos realizados para el equipo BKE-01, su especificación técnica de placa se reporta en la tabla 7.

Tabla 7. Especificaciones de placa del equipo BKE-01

Motor 3φ	Potencia (P):2 HP	Factor de potencia (FP):0,76	Eficiencia (η): 0,78
Voltaje (V): 440 V	Corriente (I):3,4 A	Factor de servicio (FS):1,15	Tipo de servicio : S1

Cuando el motor es S1, se utiliza I_n

$$I_n = \frac{P * 746}{fp * \eta * V}$$

$$I_n = \frac{2 * 746}{0,76 * 0,78 * 440}$$

$I_n = 5,72 A$

$I_{cond} = K * I_n$ Donde $K=1,25$ (se explica en la sección 430-23)

$$I_{cond} = 1,25 * 5,72$$

$I_{cond} = 7,15 A$

Se procede a la NTC 2050, tabla 310-16 y tabla 250-95; y se lee el calibre de los conductores según su corriente.

AWG N° 14, CU THWN 75° C (Conductor fase)

AWG N° 14 CU THWN 75° C (Conductor tierra)

Breaker = 3x15 A

Se selecciona tubería según la tabla C1,

EMT ½", hasta 12 conductores N°14.

Calculo del Relé térmico

$$I_r = K * I_n$$

 ITM Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

$I_r = 1,15 * 5,72$ Donde $K = 1,15$ (sección 430-32)

$I_r = 6,578 A$

Calculo de Relé de corto circuito

$I_m = K * I_n$ Donde $K = 2,5$ (tabla 430-152)

$I_m = 2,5 * 5,72$

$I_m = 14,3 A$

3.5.2. Nivel 2.

A continuación se reportan los cálculos realizados para los equipos RTK-04 y RTK-05, sus especificaciones técnicas de placa se reportan en la tabla 8.

Tabla 8 . Especificaciones de placa de los equipos RTK-04 y RTK-05

Motor 3φ	Potencia (P):5 HP	Factor de potencia (FP):0,86	Eficiencia (η): 0.85
Voltaje (V): 440 V	Corriente (I):7,9 A	Factor de servicio (FS):1,15	Tipo de servicio : S1

Cuando el motor es S1, se utiliza I_n

$$I_n = \frac{P * 746}{fp * \eta * V}$$

$$I_n = \frac{5 * 746}{0,86 * 0,85 * 440}$$

$I_n = 11,59 A$

$I_{cond} = K * I_n$ Donde $K=1,25$ (se explica en la sección 430-23)

$I_{cond} = 1,25 * 11,59$

$I_{cond} = 14,49 A$

Se procede a la NTC 2050, tabla 310-16 y tabla 250-95; y se lee el calibre de los conductores según su corriente.

AWG N° 14, CU THWN 75° C (Conductor fase)

AWG N° 14 CU THWN 75° C (Conductor tierra)

Breaker = 3x15 A

Se selecciona tubería según la tabla C1,

EMT ½", hasta 12 conductores N°14.

 ITM Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Calculo del Relé térmico

$$I_r = K * I_n$$

$$I_r = 1,15 * 11,59 \text{ Donde } K = 1,15 \text{ (sección 430-32)}$$

$$I_r = 13,3285 \text{ A}$$

Calculo de Relé de corto circuito

$$I_m = K * I_n \text{ Donde } K = 2,5 \text{ (tabla 430-152)}$$

$$I_m = 2,5 * 11,59$$

$$I_m = 28,97 \text{ A}$$

Calculo del alimentador al tablero de potencia

$$I_{cond} = 1,25 * I_{\text{Motor mayor}} + I_{\text{Demas}} \text{ (sección 430-150)}$$

$$I_{cond} = 1,25 * 7,6 + 7,6$$

$$I_{cond} = 17,1 \text{ A}$$

Se procede a la NTC 2050, tabla 310-16 y tabla 250-95; y se lee el calibre de los conductores según su corriente.

AWG N° 14, CU THWN 75° C (Conductor fase)

AWG N° 12 CU THWN 75° C (Conductor tierra)

Breaker = 3x20 A, este Breaker está ubicado en el tablero de potencia.

Se selecciona tubería según la tabla C1,

EMT ½", hasta 9 conductores N°12.

A continuación se reportan los cálculos realizados para los equipos RTK-08 y RTK-09, sus especificaciones técnicas de placa se reportan en la tabla 9.

Tabla 9 . Especificaciones de placa de los equipos RTK-08 y RTK-09

Motor 3φ	Potencia (P):5 HP	Factor de potencia (FP):0,81	Eficiencia (η): 0.85
Voltaje (V): 440 V	Corriente (I):7 A	Factor de servicio (FS):1,15	Tipo de servicio : S1

 ITM Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Cuando el motor es S1, se utiliza I_n

$$I_n = \frac{P * 746}{fp * \eta * V}$$

$$I_n = \frac{5 * 746}{0,81 * 0,85 * 440}$$

$$I_n = 12,31 \text{ A}$$

$I_{cond} = K * I_n$ Donde $K=1,25$ (se explica en la sección 430-23)

$$I_{cond} = 1,25 * 12,31$$

$$I_{cond} = 15,39 \text{ A}$$

Se procede a la NTC 2050, tabla 310-16 y tabla 250-95; y se lee el calibre de los conductores según su corriente.

AWG N° 14, CU THWN 75° C (Conductor fase)

AWG N° 12 CU THWN 75° C (Conductor tierra)

Breaker = 3x20 A

Se selecciona tubería según la tabla C1,

EMT ½", hasta 9 conductores N°12.

Calculo del Relé térmico

$$I_r = K * I_n$$

$$I_r = 1,15 * 12,31 \text{ Donde } K = 1,15 \text{ (sección 430-32)}$$

$$I_r = 14,15 \text{ A}$$

Calculo de Relé de corto circuito

$$I_m = K * I_n \text{ Donde } K = 2,5 \text{ (tabla 430-152)}$$

$$I_m = 2,5 * 12,31$$

$$I_m = 30,775 \text{ A}$$

Calculo del alimentador al tablero de potencia

$$I_{cond} = 1,25 * I_{\text{Motor mayor}} + I_{\text{Demas}} \text{ (sección 430-150)}$$

$$I_{cond} = 1,25 * 7,6 + 7,6$$

$$I_{cond} = 17,1 \text{ A}$$

 ITM Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Se procede a la NTC 2050, tabla 310-16 y tabla 250-95; y se lee el calibre de los conductores según su corriente.

AWG N° 14, CU THWN 75° C (Conductor fase)

AWG N° 12 CU THWN 75° C (Conductor tierra)

Breaker = 3x20 A

Se selecciona tubería según la tabla C1,

EMT ½", hasta 9 conductores N°12.

A continuación se reportan los cálculos realizados para los equipos RTK-06, sus especificaciones técnicas de placa se reportan en la tabla 10.

Tabla 10. Especificaciones de placa Del equipo RTK-06.

Motor 3φ	Potencia (P):12 HP	Factor de potencia (FP):0,89	Eficiencia (η): 0,8
Voltaje (V): 440 V	Corriente (I):20 A	Factor de servicio (FS):1,15	Tipo de servicio : S1

Cuando el motor es S1, se utiliza In

$$I_n = \frac{P * 746}{fp * \eta * V}$$

$$I_n = \frac{12 * 746}{0,89 * 0,8 * 440}$$

In = 28,57 A

$I_{cond} = K * I_n$ Donde K=1,25 (se explica en la sección 430-23)

$$I_{cond} = 1,25 * 28,57$$

Icond = 35,71 A

Se procede a la NTC 2050, tabla 310-16 y tabla 250-95; y se lee el calibre de los conductores según su corriente.

AWG N° 8, CU THWN 75° C (Conductor fase)

AWG N° 10 CU THWN 75° C (Conductor tierra)

Breaker = 3x50 A

Se selecciona tubería según la tabla C1,

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

EMT $\frac{3}{4}$ ", hasta 6 conductores N°8.

Calculo del Relé térmico

$$I_r = K * I_n$$

$$I_r = 1,15 * 28,57 \text{ Donde } K = 1,15 \text{ (sección 430-32)}$$

$$I_r = 32,85 \text{ A}$$

Calculo de Relé de corto circuito

$$I_m = K * I_n \text{ Donde } K = 2,5 \text{ (tabla 430-152)}$$

$$I_m = 2,5 * 28,57$$

$$I_m = 71,43 \text{ A}$$

A continuación se reportan los cálculos realizados para el equipo RTK-07, sus especificaciones técnicas de placa se reportan en la tabla 11.

Tabla 11. Especificaciones de placa Del equipo RTK-07 (rápida)

Motor 3φ	Potencia (P):30 HP	Factor de potencia (FP):0,9	Eficiencia (η): 0,93
Voltaje (V): 440 V	Corriente (I):35 A	Factor de servicio (FS):1,15	Tipo de servicio : S1

Cuando el motor es S1, se utiliza I_n

$$I_n = \frac{P * 746}{fp * \eta * V}$$

$$I_n = \frac{30 * 746}{0,9 * 0,93 * 440}$$

$$I_n = 60,76 \text{ A}$$

$I_{cond} = K * I_n$ Donde $K=1,25$ (se explica en la sección 430-23)

$$I_{cond} = 1,25 * 60,76$$

$$I_{cond} = 75,96 \text{ A}$$

Se procede a la NTC 2050, tabla 310-16 y tabla 250-95; y se lee el calibre de los conductores según su corriente.

 ITM Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

AWG N° 4, CU THWN 75° C (Conductor fase)

AWG N° 8 CU THWN 75° C (Conductor tierra)

Breaker = 3x100 A

Se selecciona tubería según la tabla C1,

EMT 1¼", hasta 6 conductores N°4.

Calculo del Relé térmico

$$I_r = K * I_n$$

$$I_r = 1,15 * 60,76 \text{ Donde } K = 1,15 \text{ (sección 430-32)}$$

$$I_r = 69,88 \text{ A}$$

Calculo de Relé de corto circuito

$$I_m = K * I_n \text{ Donde } K = 2,5 \text{ (tabla 430-152)}$$

$$I_m = 2,5 * 60,76$$

$$I_m = 151,92 \text{ A}$$

A continuación se reportan los cálculos realizados para el equipo RTK-07, sus especificaciones técnicas de placa se reportan en la tabla 12.

Tabla 12. Especificaciones de placa Del equipo RTK-07 (lenta)

Motor 3φ	Potencia (P):7,5 HP	Factor de potencia (FP):0,74	Eficiencia (η): 0,77
Voltaje (V): 440 V	Corriente (I):13 A	Factor de servicio (FS):1,15	Tipo de servicio : S1

Cuando el motor es S1, se utiliza In

$$I_n = \frac{P * 746}{fp * \eta * V}$$

$$I_n = \frac{7,5 * 746}{0,74 * 0,77 * 440}$$

$$I_n = 22,31 \text{ A}$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

$I_{cond} = K * I_n$ Donde $K=1,25$ (se explica en la sección 430-23)

$$I_{cond} = 1,25 * 22,31$$

$$I_{cond} = 27,89 A$$

Se procede a la NTC 2050, tabla 310-16 y tabla 250-95; y se lee el calibre de los conductores según su corriente.

AWG N°10, CU THWN 75° C (Conductor fase)

AWG N° 10, CU THWN 75° C (Conductor tierra)

Breaker = 3x30 A

Se selecciona tubería según la tabla C1,

EMT ½", hasta 5 conductores N°10.

Calculo del Relé térmico

$$I_r = K * I_n$$

$$I_r = 1,15 * 22,31 \text{ Donde } K = 1,15 \text{ (sección 430-32)}$$

$$I_r = 25,6565 A$$

Calculo de Relé de corto circuito

$$I_m = K * I_n \text{ Donde } K = 2,5 \text{ (tabla 430-152)}$$

$$I_m = 2,5 * 22,31$$

$$I_m = 55,77 A$$

NOTA: los equipos anteriormente mencionados se encuentran ubicados en el 2 nivel, y el tablero de potencia está ubicado en el nivel 3, se verifica que la distancia entre los equipos y el tablero de potencia cumpla con la fórmula de regulación de voltaje antes mencionada: AWG N°10 hasta 47 mts y la distancia real seria de 17 mts, los resultados indican que a menor calibre menor será la longitud máxima del ramal de alimentación, esto quiere decir que el diseño sí cumple con la norma NTC-2050, sección 220, cálculos de los circuitos alimentadores, ramales y acometidas.

 ITM Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

3.5.3. Nivel 1.

A continuación se reportan los cálculos realizados para los equipos HM-01 y HM-02, sus especificaciones técnicas de placa se reportan en la tabla 13.

Tabla 13. Especificaciones de placa de los equipos HM-01 y HM-02

Motor 3φ	Potencia (P):30 HP	Factor de potencia (FP):0,9	Eficiencia (η): 0,93
Voltaje (V): 440 V	Corriente (I):35 A	Factor de servicio (FS):1,15	Tipo de servicio : S1

Cuando el motor es S1, se utiliza I_n

$$I_n = \frac{P * 746}{fp * \eta * V}$$

$$I_n = \frac{30 * 746}{0,9 * 0,93 * 440}$$

$$I_n = 60,76 \text{ A}$$

$I_{cond} = K * I_n$ Donde $K=1,25$ (se explica en la sección 430-23)

$$I_{cond} = 1,25 * 60,76$$

$$I_{cond} = 75,96 \text{ A}$$

Se procede a la NTC 2050, tabla 310-16 y tabla 250-95; y se lee el calibre de los conductores según su corriente.

AWG N° 4, CU THWN 75° C (Conductor fase)

AWG N° 8 CU THWN 75° C (Conductor tierra)

Breaker = 3x100 A

Se selecciona tubería según la tabla C1,

EMT 1¼", hasta 6 conductores N°4.

Calculo del Relé térmico

$$I_r = K * I_n$$

$$I_r = 1,15 * 60,76 \text{ Donde } K = 1,15 \text{ (sección 430-32)}$$

$$I_r = 69,88 \text{ A}$$

Calculo de Relé de corto circuito

$$I_m = K * I_n \text{ Donde } K = 2,5 \text{ (tabla 430-152)}$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

$$I_m = 2,5 * 60,76$$

$$I_m = 151,92 \text{ A}$$

Calculo del alimentador al tablero de potencia

$$I_{cond} = 1,25 * I_{\text{Motor mayor}} + I_{\text{Demas (sección 430-150)}}$$

$$I_{cond} = 1,25 * 40 + 40$$

$$I_{cond} = 90 \text{ A}$$

Se procede a la NTC 2050, tabla 310-16 y tabla 250-95; y se lee el calibre de los conductores según su corriente.

AWG N° 3, CU THWN 75° C (Conductor fase)

AWG N° 8, CU THWN 75° C (Conductor tierra)

Breaker = 3x100 A, este Breaker está ubicado en el tablero de potencia.

Se selecciona tubería según la tabla C1,

EMT1 ½", hasta 7 conductores N°3.

A continuación se reportan los cálculos realizados para el equipo BP-12, sus especificaciones técnicas de placa se reportan en la tabla 14.

Tabla 14. Especificaciones de placa del equipo BP-12

Motor 3φ	Potencia (P):10 HP	Factor de potencia (FP):0,75	Eficiencia (η): 0,8
Voltaje (V): 440 V	Corriente (I):16,5 A	Factor de servicio (FS):1,15	Tipo de servicio : S1

Cuando el motor es S1, se utiliza I_n

$$I_n = \frac{P * 746}{fp * \eta * V}$$

$$I_n = \frac{10 * 746}{0,75 * 0,8 * 440}$$

$$I_n = 28,25 \text{ A}$$

$I_{cond} = K * I_n$ Donde K=1,25 (se explica en la sección 430-23)

$$I_{cond} = 1,25 * 28,25$$

$$I_{cond} = 35,32 \text{ A}$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Se procede a la NTC 2050, tabla 310-16 y tabla 250-95; y se lee el calibre de los conductores según su corriente.

AWG N° 8, CU THWN 75° C (Conductor fase)

AWG N° 10 CU THWN 75° C (Conductor tierra)

Breaker = 3x40 A

Se selecciona tubería según la tabla C1,

EMT ¾", hasta 6 conductores N°8.

Calculo del Relé térmico

$$I_r = K * I_n$$

$$I_r = 1,15 * 28,25 \text{ Donde } K = 1,15 \text{ (sección 430-32)}$$

$$I_r = 32,49 \text{ A}$$

Calculo de Relé de corto circuito

$$I_m = K * I_n \text{ Donde } K = 2,5 \text{ (tabla 430-152)}$$

$$I_m = 2,5 * 28,25$$

$$I_m = 70,64 \text{ A}$$

A continuación se reportan los cálculos realizados para el equipo BP-13, sus especificaciones técnicas de placa se reportan en la tabla 15.

Tabla 15. Especificaciones de placa del equipo BP-13

Motor 3φ	Potencia (P):18 HP	Factor de potencia (FP):0,9	Eficiencia (η): 0,93
Voltaje (V): 440 V	Corriente (I):27 A	Factor de servicio (FS):1,15	Tipo de servicio : S1

Cuando el motor es S1, se utiliza I_n

$$I_n = \frac{P * 746}{fp * \eta * V}$$

$$I_n = \frac{18 * 746}{0,89 * 0,85 * 440}$$

$$I_n = 39,87 \text{ A}$$

 ITM Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

$I_{cond} = K * I_n$ Donde $K=1,25$ (se explica en la sección 430-23)

$$I_{cond} = 1,25 * 39,87$$

$$I_{cond} = 49,84 \text{ A}$$

Se procede a la NTC 2050, tabla 310-16 y tabla 250-95; y se lee el calibre de los conductores según su corriente.

AWG N° 6, CU THWN 75° C (Conductor fase)

AWG N° 10, CU THWN 75° C (Conductor tierra)

Breaker = 3x60 A

Se selecciona tubería según la tabla C1,

EMT 1½", hasta 8 conductores N°6.

Calculo del Relé térmico

$$I_r = K * I_n$$

$$I_r = 1,15 * 39,87 \text{ Donde } K = 1,15 \text{ (sección 430-32)}$$

$$I_r = 45,85 \text{ A}$$

Calculo de Relé de corto circuito

$$I_m = K * I_n \text{ Donde } K = 2,5 \text{ (tabla 430-152)}$$

$$I_m = 2,5 * 38,87$$

$$I_m = 99,67 \text{ A}$$

NOTA: los equipos anteriormente mencionados se encuentran ubicados en el nivel 1, y el tablero de potencia está ubicado en el nivel 3, se verifica que la distancia entre los equipos y el tablero de potencia cumpla con la fórmula de regulación de voltaje antes mencionada: AWG N°10 hasta 47 mts y la distancia real sería de 17 mts, los resultados indican que a menor calibre menor será la longitud máxima del ramal de alimentación, esto quiere decir que el diseño sí cumple con la norma NTC-2050, sección 220, cálculos de los circuitos alimentadores, ramales y acometidas.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Cálculo de protecciones del transformador

Transformador de 250 KVA, de 13,2 KV / 460-230 V

$$I_{proteccion} = \frac{KVA (transformador)}{V (tension)}$$

$$I_{proteccion} = \frac{250.000 VA}{460 V} = 543 A$$

Breaker 3x600 A

3.6. Listado de materiales y cotizaciones

Al terminar los cálculos eléctricos que fueron realizados basados en la norma NTC-2050, para cada motor, moto-bomba, con sus respectivas protecciones, se elaboró un listado de materiales, basados en los resultados de dichos cálculos, este listado de materiales se envió a varias empresas para que se encargaran de las cotizaciones, procediendo después a tomar la decisión de elegir un solo proveedor para el suministro eléctrico, los criterios que se tienen en cuenta la hora de seleccionar el proveedor fueron: mejores precios, tiempo de entrega, mejor marca y solidez.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Toma de datos

Después de realizar los planos estructurales se sigue con la toma de datos de los equipos a instalar, más específicamente los datos como son potencia, voltaje y corriente en la placa de motores, moto-reductores y bombas; esta información se muestra en la tabla 18, la nomenclatura mostrada en esta tabla es la misma que siempre han tenido los equipos en la empresa.

Tabla 16. Equipos

ITEM	TAG	NOMBRE	Cantidad	Fases	Potencia Nominal (HP)	Voltaje, (V)
1	P-12	Bomba Vacío R-309	1	3	10,0	440
2	P-13	Bomba Vacío DNS	1	3	18,0	440
3	RTK-08	Reactor 309 (Adaptación 310 ó 514)	1	3	5,0	440
4	RTK-09	Reactor 309	1	3	5,0	440
5	RTK-06	Reactor 1110 (Reemplaza 201 y 202)	1	3	12,0	440
6	MX-03	Reactor 103 (Adaptación 512)	1	3	3,0	440
7	RTK-07	Reactor 308 Rápida	1	3	30,0	440
8	RTK-07	Reactor 308 Lenta	1	3	7,5	440
9	HM-01	Homogenizador Gaulin	1	3	30,0	440
10	HM-02	Homogenizador De Laval	1	3	30,0	440
11	P-15	Bomba Recirculación Agua Homogenizadores	1	3	0,5	110
12	RTK-04	Reactor DNS (Adaptación R-1108)	1	3	5,0	440
13	RTK-05	Reactor DNS	1	3	5,0	440
14	BKE-01	Malacate	1	3	2,0	440
15	MX-01	Mezclador 1103	1	3	7,5	440
16	MX-02	Mezclador 1104	1	3	7,5	440

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

17	RTK-02	Reactor 1015 Piloto	1	3	3,0	440
18	RTK-03	Reactor 1014 Piloto	1	3	3,0	440
19	RTK-01	Reactor 1204 Piloto Vidriado	1	3	1,0	440

4.2. Cálculos de tramos de alimentación

Después de realizar los cálculos de alimentación y control para los equipos a adecuar en la nueva planta, se da como resultado los calibres de conductores tanto de fase como tierra, los datos de los relés térmicos y los breakers, que corresponden a la protección de los equipos, estos cálculos se reportan en la tabla 19.

Tabla 17. Resultados de los cálculos de alimentación

EQUIPOS	I CONDUCTOR	CALIBRE DE CABLE	RELE TERMICO	BREAKER
MX-01 y MX-02.	28,26 A	AWG N° 10, CU THWN 75° C (C.F) AWG N° 10 CU THWN 75° C (C.T)	26 A	3x30 A
MX-03, RTK-02 y RTK-03.	22,61 A	AWG N° 10, CU THWN 75° C (C.F) AWG N° 10 CU THWN 75° C (C.T)	8,21 A	3X30 A
RTK-01	2,77 A	AWG N° 14, CU THWN 75° C (C.F) AWG N° 14 CU THWN 75° C (C.T)	2,54 A	3X15 A
BKE-01	7,15 A	AWG N° 14, CU THWN 75° C (C.F) AWG N° 14 CU THWN 75° C (C,T)	6,578 A	3X15 A
RTK-04 y RTK-05	14,49	AWG N° 14, CU THWN 75° C (C.F) AWG N° 14 CU THWN 75° C (C.T)	13,32 A	3X15 A
RTK-08 y RTK-09	15,39 A	AWG N° 14, CU THWN 75° C (C.F) AWG N° 12 CU THWN 75° C (C.T)	14,15 A	3X20 A

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

EQUIPOS	I CONDUCTOR	CALIBRE DE CABLE	RELE TERMICO	BREAKER
RTK-06	35,671 A	AWG N° 8, CU THWN 75° C (C.F) AWG N° 10 CU THWN 75° C (C.T)	32,85	3X50 A
RTK-07 (rápida)	75,96 A	AWG N° 4, CU THWN 75° C (C.F) AWG N° 8 CU THWN 75° C (C.T)	69,88 A	3X100 A
RTK-07 (lenta)	27,89 A	AWG N°10, CU THWN 75° C (C.F) AWG N° 10, CU THWN 75° C (C.T)	25,65 A	3X30 A
HM-01 y HM-02	75,96 A	AWG N° 4, CU THWN 75° C (C.F) AWG N° 8 CU THWN 75° C (C.T)	69,88 A	3X100 A
BP-12	345,32 A	AWG N° 8, CU THWN 75° C (C.F) AWG N° 10 CU THWN 75° C (C.T)	32,49 A	3X40 A
BP-13	49,84 A	AWG N° 6, CU THWN 75° C (C.F) AWG N° 10, CU THWN 75° C (C.T)	45,85 A	3X60 A

4.3. Planos unifilares.

Continuo al resultado de los cálculos de alimentación y control de los equipos se procede a mandar a realizar el diseño de los planos unifilares eléctricos por medio del programa de modelación AUTOCAD®, estos planos se evidencian en la Figura 6.

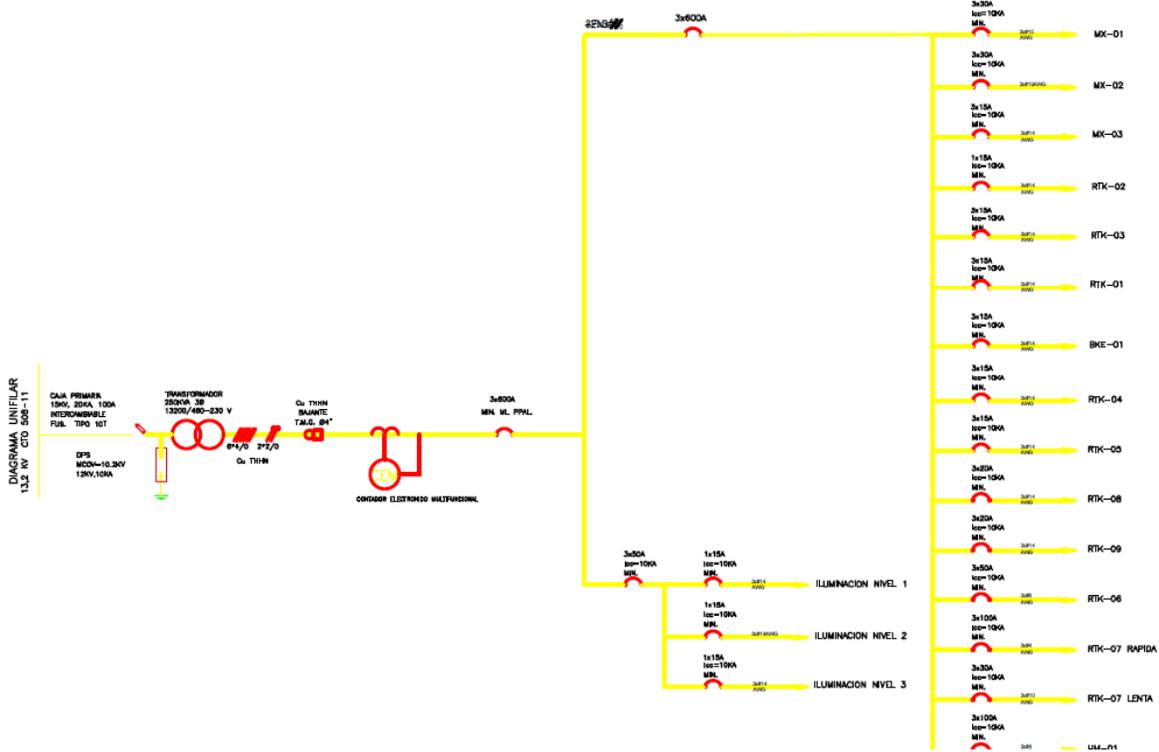


Figura 6. Planos unifilares

4.4. Listado de materiales y cotizaciones

Los resultados de las cotizaciones realizadas por el proveedor escogido para el suministro de los materiales eléctricos se encuentran en la tabla 16, se escoge este proveedor por encima de otros después de haber realizado análisis como fueron: mejores precios, tiempo de entrega, mejor marca y solidez.

Tabla 18. Lista de materiales y cotizaciones

LISTADO DE MATERIALES	CANTIDAD	REFERENCIA	PRECIO UNITARIO (\$)
AWG N° 14 THWN 75° C	200 mts	-	910
AWG N° 12 THWN 75° C	50 mts	-	1.300
AWG N° 10 THWN 75° C	100 mts	-	1.880
AWG N° 8 THWN 75° C	50 mts	-	2.720
AWG N° 6 THWN 75° C	50 mts	-	4.200
AWG N° 4 THWN 75° C	50 mts	-	6.480

 ITM Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

LISTADO DE MATERIALES	CANTIDAD	REFERENCIA	PRECIO UNITARIO (\$)
AWG N° 2 THWN 75° C	50 mts	-	10.050
AWG N° 1/0 THWN 75° C	-	-	16.420
AWG N° 2/0 THWN 75° C	100 mts	-	20.520
AWG N° 3/0 THWN 75° C	100 mts	-	25.750
AWG N° 4/0 THWN 75° C	100 mts	-	32.150
Tubería EMT ½" (3mts)	300 mts	-	10.623
Tubería EMT ¾" (3mts)	200 mts	-	15.437
Tubería EMT 1" (3mts)	100 mts	-	22.714
Tubería EMT 1 ¼" (3mts)	200 mts	-	33.717
Breaker 3x32 A	3	NF-63HW-32	182.455
Breaker 3x16 A	10	NF-63HW-16	182.455
Breaker 3x20 A	2	NF-63HW-20	182.455
Breaker 3x50 A	2	NF-63HW-50	182.455
Breaker 3x100 A	3	NF-125-CW-100	217.360
Breaker 3x40 A	1	NF-63HW-40	182.455
Breaker 3x60 A	1	NF-63HW-63	186.290
Breaker 3x500 A	1	NF-630 CW-500	2' 251.145
Breaker 3x600 A	1	NF-630 CW-600	2' 251.145
Contactador y relé térmico	2	SN-25, THN 20 KP 11	439.140
Contactador y relé térmico	3	SN 10, THN 20 KP 08	239.525
Contactador y relé térmico	1	SN 10, THN 20 KP 04	239.525
Contactador y relé térmico	1	SN 10, THN 20 KP 07	239.525
Contactador y relé térmico	2	SN 11, THN 20 KP 09	254.475
Contactador y relé térmico	2	SN 21, THN 20 KP 10	359.255
Contactador y relé térmico	1	SN 35, THN 60 KP 35	508.950
Contactador y relé térmico	3	SN 80, THN 60 TAKP 67	864.240
Contactador y relé térmico	1	SN 25, TH 20 TAKP 22	453.115
Contactador y relé térmico	1	SN 35, TH 20 TAKP 29	463.060
Contactador y relé térmico	1	SN 50, THN 60 KP 12	659.880
Lámpara T8 32 w	30	-	70.000

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

Se logró diseñar la nueva sub-planta de la empresa NOPCO COLOBIANA S.A, planteada como trabajo de grado y experiencia de práctica, el diseño de esta planta conllevó realizar planos estructurales además de cálculos de áreas de montaje, cálculos de tramos de alimentación eléctrica, cálculos de iluminación y cálculos de protección para los equipos requeridos en la instalación para realizar consiguiente a esto unas cotizaciones.

Gracias al trabajo realizado de manera práctica basado en los conceptos teóricos recibidos por parte del INSTITUTO TECNOLOGICO METROPOLITANO, se logra una experiencia importante en instalaciones eléctricas industriales.

Gracias a los documentos brindados por entidades como el ICONTEC, se pueden realizar los cálculos de una instalación eléctrica industrial, siguiendo sus normas; las cuales garantizan siempre la salud y la vida humana, animal y vegetal.

Experiencia en instalaciones y montajes eléctricos con unas bases principales adquiridas en el INSTITUTO TECNOLOGICO METROPOLITANO, aplicándolas de manera práctica en la empresa NOPCO COLOMBIANA S.A, siempre basado en la norma NTC-2050

Se recomienda para trabajos futuros siempre basarse en la norma técnica que rige las instalaciones eléctricas y todo el campo eléctrico en general, ya que esta nos permite encontrar de manera clara y concisa los métodos y formas que se deben seguir a la hora de realizar los cálculos eléctricos para el montaje de una planta.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

REFERENCIAS

Bratu. (2010). *Introduccion a las instalaciones electricas Ed. 5*. Mexico: Alfa omega grupo editor.

Garate, G. A. (2002). *D space*. Recuperado el 20 de Mayo de 2014, de <http://dspace.otalca.cl/bitstream/1950/159/1/29118.pdf>

Heyl, B. H. (Septiembre de 2011). *Gerencia*. Recuperado el 16 de Mayo de 2014, de <http://www.emb.cl/gerencia/articulo.mvc?xid=523>

ICONTEC. (1998). *NTC 250*. Colombia: ICONTEC.

Mayorga, S. A. (2007). Marco metodológico para el desarrollo de proyectos de mejoramiento y rediseño de procesos. *Universidad Eafit*, 23-31.

RETIE. (2014).

Rodriguez, G. (2010). *Manual de diseño*. Litoarte S.A.

Schneider Electric. (2012). *Elaborando informe de una instalacion electrica*.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

FIRMA ESTUDIANTES _____

FIRMA ASESOR _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO___ ACEPTADO___ ACEPTADO CON MODIFICACIONES_____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____