



**FACULTAD DE INGENIERÍA.
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA.**

**Proyecto de investigación previo a la obtención del título de
Ingeniero Eléctrico.**

Título:

**“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE TOMAS DE
ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LOS BUQUES QUE ATRACAN EN LOS
MUELLES DE AGUAS PROFUNDAS DE AUTORIDAD PORTUARIA
DE MANTA”.**

Autor:

AVILA DEMERA JORGE LUIS

Tutor:

ING. KLEBER CORONEL PINEDA, M. Sc.

**Manta - Ecuador.
2019**

INDICE

INDICE DE TABLAS	II
INDICE DE ANEXOS	II
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	III
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL EXAMINADOR.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
DEDICATORIA.....	VI
TEMA:.....	VII
INTRODUCCIÓN.....	VIII
SUMARY.....	X
CAPÍTULO I.....	1
1 MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.	3
1.2 OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.3 CAMPO DE ACCIÓN	3
1.4 HIPÓTESIS	3
1.5 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.5.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.6 VARIABLES.....	4
CAPITULO II.....	4
2 ANALISIS DE LA DEMANDA GENERADA POR LOS BUQUES QUE ATRACAN EN LOS TERMINALES DE APM.	4
2.1 Sistemas de alumbrado general del buque.....	4
2.2 Alumbrado interior del buque.....	5
2.2.1 Consumo de energía por alumbrado interior.	5
2.3 Alumbrado exterior del buque.....	7
2.3.1 Reflectores, 400W/220V/18.18A.....	7
2.3.2 Consumo de energía por alumbrado exterior.....	8
2.4 Sistema de tomacorrientes de 120 VAC/61.93 A.....	9
2.5 Interruptores para tomacorrientes de 120 VAC / 9.70A.	10
2.6 Sistema de tomacorrientes 220 voltios 1 ϕ /74.21 A y 220 voltios 3 ϕ /137.21 A.	12
2.7 Equipos de computación y comunicación del buque.....	14
2.7.1 Parque de baterías único 75 ah x 4 = 300 ah, voltaje: 12 vdc.....	15
2.7.2 Parque de baterías doble (dual floating charge). 75 ah x 4 = 300 ah, voltaje: 12 vdc.	15
2.7.3 Asociación de baterías.	16

2.8	Bombas de enfriamientos de los grupos electrógenos del buque.....	18
2.8.1	Enfriamiento del grupo eléctrico.....	18
2.8.2	Aptitudes del generador eléctrico enfriado por agua.....	19
2.8.3	Inaptitudes del generador eléctrico enfriado por agua.....	19
2.9	Bombas de los recirculadores de las cubas.....	19
2.10	Compresores sistema de refrigeración del buque.....	20
2.10.1	Bombas de condensa del sistema de refrigeración del buque.	20
2.11	Sistema contra incendios del buque.	21
2.11.1	Bombas principales contra incendios.....	21
2.11.2	Cantidad de bombas dependiendo el TRB de la embarcación.....	22
CAPÍTULO III.....		24
3	ANÁLISIS ACTUAL DE LA RED ELÉCTRICA EN MEDIA TENSION.	24
3.1	Características de la red del alimentador.....	25
3.2	Condiciones del alimentador No. 1 de la CNEL-EP.....	28
3.3	Estudio del ramal que alimenta a APM.....	28
3.4	Análisis del tendido eléctrico desde el patio 300 hasta la S/E No. 1 (tensión en el primario de 13.8kv a 440v).	29
CAPITULO IV		32
4	DISEÑO DE LA RED EN MEDIA TENSIÓN PARA ALIMENTAR LAS TOMAS EN LOS MUELLES.	32
4.1	Tramo del alimentador principal de la CNEL, línea aérea (nivel de tensión en el primario 13.8kv).....	33
4.2	Tramo del ramal desde la calle 15 y ave. 3 hasta el borde del patio 300.	34
4.3	Tramo desde el borde del patio 300 hasta la cabecera de los muelles. ..	35
4.3.1	Cálculo del calibre de conductor a utilizar.....	35
4.3.2	Construcción y características de los ductos.....	36
4.4	Pozos de revisión.....	37
4.4.1	Soportes para los conductores eléctricos.	38
4.5	Seccionadores en MT para un nivel de tensión de 13.8kv.....	39
CAPITULO V		40
5	CONSTRUCCIÓN DE LA CABINA DE TRANSFORMACIÓN Y LINEAS DE PODER PARA LAS TOMAS, NIVEL DE TENSION EN EL PRIMARIO DE 13.8KV A 440 V EN EL SECUNDARIO.....	40
5.1	Construcción de la cabina.....	40
5.2	Diseño del cuarto de transformación.	42
5.2.1	Especificaciones técnicas generales para obras civiles de las cámaras eléctricas:.....	42

5.2.2	Dimensiones de las cámaras.....	42
5.3	Celdas de carga.....	43
5.3.1	Tipo de celda de carga.....	44
5.4	Selección del tipo de transformador.....	44
5.4.1	Características del transformador.....	45
5.5	Selección de los conductores, baja tensión.....	46
5.6	Tomas de baja tensión.....	48
5.7	Tendido de los conductores.	50
5.8	Sistema de puesta a tierra.....	51
CAPÍTULO VI		53
6	TABLEROS DE ALIMENTACION ELECTRICA Y SISTEMA DE MEDICION.....	53
6.1	Construcción de los tableros.....	53
6.1.1	Selección de los materiales para la construcción del tablero	53
6.1.2	Selección de la capacidad de los breakers.....	53
6.1.3	Cabinas para el montaje de los breakers y de equipos de medición.	
	54	
CAPITULO VII		57
CONCLUSIONES		57
RECOMENDACIONES.....		58
BIBLIOGRAFIA.		59
ANEXOS		60

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Lámpara tipo hermética 2×28W T5 227V.....	5
Figura 2. Lámpara tipo hermética 2×28W T5 227V.....	7
Figura 3. Reflector de aluminio anodizado de alta pureza (Jeta).	8
Figura 4. Toma superficial, 15A/120VAC.	9
Figura 5. Interruptor con toma corriente 20 a/120vac.	11
Figura 6. Conversión de BTU/Hr a watts.....	12
Figura 7. Cabina de Mando.	14
Figura 8. Sistema simple de una unidad de alimentación y cambiador variante A.	15
Figura 9. Sistema dual unidad de alimentación y cambiador variable B.	15
Figura 10. Asociación de baterías en paralelo..	16
Figura 11. Asociación de baterías en serie.....	16
Figura 12. Asociación de baterías mixta.....	17
Figura 13. Motores 3φ de Ac (2×5hp).	18
Figura 14. Motores 3φ de Ac (2×7.5hp).	19
Figura 15. Compresores 6×50hp.	20
Figura 16. Motores 3φ de Ac (2×10hp).	21
Figura 17. Grupo de bombeo 2×10 hp y 1×5hp.	22
Figura 18. Recorrido actual del alimentador 1.....	25
Figura 19. Tabla de los conductores usados en el ramal de APM.....	26
Figura 20. Voltaje en Condiciones Actuales, Voltaje en la fuente S/E.	26
Figura 21. Voltaje en el punto de acometida a 13.8 KV S/E.	27
Figura 22. Tramo de menor sección del conductor.	29
Figura 23. Acometida principal del terminal portuario.	30
Figura 24. Tramo soterrado desde la acometida hasta la subestación principal.	30
Figura 25. Tramo soterrado desde la acometida hasta la subestación principal.	31
Figura 26. Equipos antiguos, actualmente operativos.....	31
Figura 27. Recorrido de todo el alimentador interno.....	32
Figura 28. Ruta del alimentador para APM.....	34
Figura 29. Tramo desde la calle 15 ave 3 hacia APM.....	34
Figura 30. Tramo soterrado desde el borde del patio 300 hasta la cabecera de los muelles.....	35
Figura 31. Banco de ductos en acera con configuración 1x2 de 110 mm.	36
Figura 32. Tipo de pozos a utilizar.....	38
Figura 33. Soportes para conductores.....	39
Figura 34. Seccionadores de cuchillas giratorias.....	40
Figura 35. Transformador reductor.....	45
Figura 36. Conductor Xhhw-2.	47
Figura 37. Código de colores para determinar las características de las tomas.	49
Figura 38. Conector unipolar de potencia.	49
Figura 39. Codificación mecánica entre fases.....	50
Figura 40. Longitud de la zanja para las tomas.....	51
Figura 41. Aplicación del telurómetro.....	52
Figura 42. Dimensiones del breakers y sus terminales.....	54
Figura 43. Contador de energía eléctrica trifásico / para montaje sobre panel / rs-485 / digital.	54

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Demanda generada por todo el sistema de iluminación interno.	6
Tabla 2. Demanda generada por todo el sistema de iluminación externo.	8
Tabla 3. Demanda generada por todo el sistema de tomacorrientes 120V uso general.	10
Tabla 4. Demanda generada por todo el sistema de interruptor tomacorriente a 120v uso individual.	11
Tabla 5. Demanda generada por todo el sistema de tomacorrientes A 220v 3 ϕ	12
Tabla 6. Demanda generada por todo el sistema de tomacorrientes A 220v 1 ϕ	13
Tabla 7. Equipos alimentados con tensiones de 12-24 VDC.	17
Tabla 8. Demanda total de todas las cargas monofásicas que se integran al buque pesquero.	23
Tabla 9. Demanda total de todas las cargas trifásicas que se integran al buque pesquero.	23
Tabla 10. Sumatoria de las potencias correspondientes a las tablas 9 y 10.	24
Tabla 11. Conductores usados en el alimentador 1 tramo 1.....	25
Tabla 12. Demanda total del alimentador.....	27
Tabla 13. Datos para la construcción de la cabina de transformación.	43
Tabla 14. Dimensiones de la celda de carga.	44
Tabla 15. Dimensiones del transformador.	46
Tabla 16. Características generales de la toma unipolar.	48

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Dimensiones de los muelles que se construirán en la APM.....	60
Anexo 2. Conexión eléctrica desde el puerto hacia los buques.	60
Anexo 3. Tomas de poder antes de su conexión al buque.....	61
Anexo 4. Soterramiento de los ductos (en los muelles) para la conexión hacia el buque.....	61
Anexo 5. Diagrama trifilar del nuevo sistema eléctrico de potencia general.	62
Anexo 6. Diagrama de fuerza del sistema eléctrico para las tomas de poder.	63

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ingeniero Kléber Coronel Pineda, docente de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, en calidad de Tutor de este Trabajo de Titulación.

Certifico:

Que el presente Trabajo de Titulación denominado: **"ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE TOMAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LOS BUQUES QUE ATRACAN EN LOS MUELLES DE AGUAS PROFUNDAS DE AUTORIDAD PORTUARIA DE MANTA"**. A sido exhaustivamente revisado en varias sesiones de trabajo, el cual se encuentra listo para su presentación y apto para su defensa.

Las opiniones y conceptos vertidos en este trabajo de titulación son fruto del trabajo y perseverancia de su autor: Ávila Demera Jorge Luis, siendo de su exclusiva responsabilidad.

Manta 18 de junio del 2019

Ing. Kléber Coronel Pineda, M. Sc.

Tutor

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL EXAMINADOR



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO DE MANABÍ”

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el informe de investigación sobre el tema **“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE TOMAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LOS BUQUES QUE ATRACAN EN LOS MUELLES DE AGUAS PROFUNDAS DE AUTORIDAD PORTUARIA DE MANTA”**, elaborado por el egresado: **Jorge Luis Avila Demera**, de la Facultad de Ingeniería.

Manta, 18 de junio del 2019

Ing. Darío Páez Cornejo, Mg.
DECANO

Ing. Kléber Coronel Pineda, M. Sc.
TUTOR

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

SECRETARIA

AGRADECIMIENTO.

A DIOS por haber escuchados mis requerimientos y ser cumplidos. Además, por saber y conocer mis necesidades y carencia gracias padre todo poderoso, es bueno decir que la fe mueve montañas te lo dice un hijo agradecido.

Mis sinceros agradecimientos y respecto a todos los profesores que conforman la Carrera de Ingeniería Eléctrica, gracias a sus consejos y enseñanzas que fueron impartidas por todos los docentes desde el primer hasta el décimo semestre. Aquellos docentes con un gran carácter y formación académica de primera, son parte de mi formación como un profesional de bien.

Mi agradecimiento infinito al Ing. Kléber Coronel Pineda, el cual mediante sus recomendaciones y vastos conocimientos y asesoramiento en el tema, pude finalizar con éxito este trabajo de investigación, además de ser mi profesor lo considero un amigo que siempre me aconsejó, me guio y confió en mi para este trabajo. Muchas gracias por todo el tiempo que invirtió en asesorarme.

Jorge Luis Ávila Demera

DEDICATORIA.

A mis padres con mucho cariño y amor Bernardo Ávila y Manuela Demera que son mis sustento de vida, gracias por estar siempre pendiente de mí y al no perder las esperanzas, la paciencia, la fe y el amor que me tienen y que siempre demostraron hacia mí y aunque el camino hacia la meta propuesta se veía cada vez más lejos y parecía que nunca llegaría, llegué gracias a ustedes padres amados. Este logro no es solo mío, sino también de ustedes.

A mis hermanos/as Julio Ávila, Humberto Ávila, María Ávila, Carmen Ávila, que siempre me apoyaron en las buenas y en las malas, muchas gracias por su paciencia, apoyos incondicionales y consejos, los cuales siempre recurría en momentos difíciles. Gracias porque en ustedes vi las ganas y ahínco por superarme. Este logro es de todos nosotros hermanitos.

A mi tío Fernando López un gran amigo y consejero gracias por estar pendiente de la familia y ayudarnos por el bien de la misma a mantenernos unidos, fuertes y errantes. Solo le digo que lo quiero y aprecio mucho. Gracias por todo lo bueno que ha hecho por todos nosotros, jamás olvidaré todo el apoyo brindado, este logro también es suyo.

A mi Sra. Jahaira por ser tan linda conmigo solo le digo de corazón muchas gracias por haber tenido la paciencia de compartir a mi lado. Pasando por los momentos muy duros y difíciles de asimilar en mi vida. Gracias por ser tan buena esposa, amiga y compañera, solo falta usted amor.

Jorge Luis Ávila Demera

TEMA:

“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE TOMAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LOS BUQUES QUE ATRACAN EN LOS MUELLES DE AGUAS PROFUNDAS DE AUTORIDAD PORTUARIA DE MANTA”,

INTRODUCCIÓN.

La energía eléctrica desde sus inicios y hasta la actualidad, ha formado parte de nuestras vidas, tanto como para el desarrollo industrial, comercial, residencial, además del mejoramiento de la calidad de vida de la humanidad.

Hoy en día los usos y aplicaciones de la energía eléctrica son casi infinitos; por ende estamos rodeados de todo tipo de dispositivos que utilizan y requieren una forma de energía eléctrica, que nos facilitan las tareas en el trabajo, hogar, ocio, siendo un recurso indispensable para la vida.

La utilización de este tipo de energía tiene tan gran acogida que incluso ha superado las expectativas de muchos profesionales, tal es el caso que se está suministrando energía eléctrica desde tierra hacia los buques que llegan a acoderar a ciertos puertos alrededor del mundo como Estados Unidos, Bélgica, China, Canadá, Alemania, Suecia, Finlandia y los Países Bajos.

Algo más del 90% de las mercancías mundiales se transportan por mar y aunque el transporte marítimo es un medio muy eficiente de traslado de mercancías, con un menor nivel de emisiones de CO₂ que el transporte por carreteras y con emisiones muy inferiores a las del transporte aéreo, el sector sigue siendo responsable de cerca del 4% del CO₂ entregado a la atmósfera. (Conexión eléctrica desde el muelle al buque., 2002)

La implementación de este tipo tecnologías o tomas de poder para abastecer de energía eléctrica a los buques que acoderan en los muelles respectivos la ciudad de Manta a realizar sus operaciones de carga y descarga.

Los grupos electrógenos de los buques una vez acoderado deben de seguir generando energía eléctrica para poder realizar sus maniobras. Además con la implementación de tomas de poder, reduciríamos en un gran porcentaje el uso de hidrocarburos y de recursos que van a la par con la parte de generación eléctrica además alargaríamos el periodo de vida útil de nuestro grupo electrógeno por ende, la contaminación ambiental que generan estos buques se reduciría casi a 0 estando en puerto.

Por lo tanto, no es de extrañar que el interés por este tipo sistema esté aumentando y no sólo por razones medioambientales, sino también económicas. Además la unión europea (UE) ha adoptado como medidas, reducir las emisiones de los buques junto con la organización marítima internacional (IMO).

SUMARY.

Electricity since its inception and up to the present, has been part of our lives, as well as for industrial, commercial, residential development, as well as the improvement of the quality of life of humanity.

Today the uses and applications of electrical energy are almost infinite; therefore we are surrounded by all kinds of devices that use and require a form of electrical energy, which facilitate the tasks at work, home, leisure, being an indispensable resource for life.

The use of this type of energy has such a great reception that it has even exceeded the expectations of many professionals, such is the case that electricity is being supplied from the ground to the ships that reach some ports around the world such as the United States, Belgium, China, Canada, Germany, Sweden, Finland and the Netherlands.

Just over 90% of world merchandise is transported by sea and although maritime transport is a very efficient means of transporting goods, with a lower level of CO₂ emissions than road transport and with much lower emissions than those of transport By air, the sector is still responsible for about 4% of the CO₂ delivered to the atmosphere.

The implementation of this type of technology or power take-offs to supply electric power to the vessels that will bend the city of Manta on their respective docks to carry out their loading and unloading operations.

The generator sets of the vessels once bent must continue to generate electricity to perform their maneuvers. In addition to the implementation of power take-offs, we would reduce by a large percentage the use of hydrocarbons and resources that go hand in hand with the electricity generation part, and we would also extend the lifespan of our generator, therefore, the environmental pollution that These ships generate would be reduced to almost 0 while in port.

Therefore, it is not surprising that interest in this type of system is increasing and not only for environmental reasons, but also for economic reasons.

In addition, the European Union (EU) has taken measures to reduce ship emissions together with the international maritime organization (IMO).

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO.

La energía eléctrica desde sus inicios hasta la actualidad forma parte de nuestras vidas, además de ser un recurso que se puede obtener mediante el uso de nuevas aplicaciones tales como la energía hidráulica, eólica, térmica, etc. Este tipo de energía se adaptan y la transformamos acorde las necesidades, usos y aplicaciones así como para el desarrollo industrial, comercial y residencial. Esto a menudo nos facilita las tareas de uso cotidiano.

Hoy en día los usos y aplicaciones de la energía eléctrica son casi infinitos, tal es el punto que somos casi indispensable de ella. Dados por nuestro propios avances tecnológicos y las tecnologías que usamos día a día.

La utilización de un tipo o forma de energía eléctrica y su aplicación en casi todo nos conduce a un tema de mucha importancia además de ser un gran proyecto que en base a estudios, simulaciones y aplicaciones en sitios rústicos y abrasivos denota ser de gran envergadura.

Con la implementación de tomas de poder para los buques que acoderan en los muelles de la ciudad de Manta. A nivel de América Latina no se ha ejecutado ni realizado este proyecto porque nuestro S.E.P no eran eficientes, pero en la actualidad nuestro S.E.P es tan bueno que el consejo mundial de energía ubica al Ecuador entre los 5 mejores países en seguridad energética a nivel mundial. Este tipo de tecnologías ya se implementaron en otros países como los EE.UU y UE. Ahora es tiempo de estar a la par con estos países en temas de eficiencia, seguridad, calidad y sostenibilidad energética por ende, éste sería un gran proyecto innovador a gran escala y además muy ambicioso que daría a denotar mucho y ser noticia internacional con respecto a este sistema que solo se ha implementado en países desarrollados.

El puerto de Manta sería el primer lugar del país que implementaría este sistema de tecnologías a gran escala de manera sostenible, sustentable e innovador.

Para la realización de este estudio se realizaron visitas técnicas periódicas a la Autoridad Portuaria de Manta, el motivo de estas visitas era comprobar el estado operativo de los apartamentos.

La coordinación con la empresa CNEL-EP jugó un papel en paralelo a las visitas que se realizaron, todo esto fue coordinado con personal de CNEL-EP como de APM. La ayuda del ing. Marcelo Vásquez el cual en base a sus asesoramientos y conocimientos en flujos de cargas los cuales sirvieron mucho para el desarrollo de la investigación, en detalle al alimentador 1.

La implementación de normas eléctricas y regulaciones Ecuatorianas como :

ANSI 55-6 ANSI 52-1, ARCONEL 004-15 y 005-17, Norma NTE INEN 2227 y NTE INEN 1869.

Además de normas de seguridad portuaria y de amoníaco cursos elementales para poder trabajar en cualquier tipo de puertos

El uso de un software CADE-SIMU el cual me permitió modelar un nuevo sistema eléctrico para la APM.

El monitoreo constante de parte del tutor el Ing. Kléber Coronel fue de gran ayuda para concluir mi tema de investigación.

1.1 PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.

Este estudio se lo realizó en los interiores de la Autoridad Portuaria de Manta de manera minuciosa se observó que si cuentan con el espacio para la implementación de este sistema, pero lo más importante es que las condiciones de los apartamentos están casi obsoletas.

El criterio por parte de CNEL-EP es que el alimentador que provee de energía eléctrica a la APM está casi al tope de la demanda total instalada.

Se recomienda:

- La construcción de un ramal exclusivo para APM.
- Repotenciación del actual alimentador
- Construcción de una subestación reductora exclusiva para APM.

1.2 OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN.

Dar un valor agregado a nuestro puerto con la implementación de tecnologías que nos ayudan día a día, además de reducir de manera exponencial la contaminación generada por las embarcaciones y mejorar la calidad de vida del personal que trabaja tanto en sus interiores como exteriores, además de ser un gran proyecto energético de seguridad, calidad y sostenibilidad, estando a la par con otras naciones desarrolladas.

1.3 CAMPO DE ACCIÓN

El alimentador # 1, desde la subestación Manta 1 hasta las instalaciones de la Autoridad Portuaria de Manta (internas y externas), los muelles internacionales donde se ejecutará este proyecto.

1.4 HIPÓTESIS

Con la implementación de las tomas de energía para los buques que se atraquen a los muelles de aguas profundas de APM, se logrará reducir la contaminación ambiental que actualmente se da, debido a la operación de los generadores de las embarcaciones, los que utilizan combustibles fósiles.

1.5 OBJETIVO GENERAL.

Implementar el servicio de energía eléctrica o tomas de poder para abastecer a los buques que atracan a los muelles de aguas profundas de APM.

1.5.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar la factibilidad de las instalaciones de tomas de energía eléctrica.
- Reducir de manera exponencial la contaminación generada por las embarcaciones
- Realizar un análisis de la red eléctrica en media tensión actual, para determinar las condiciones de operación

1.6 VARIABLES

Independiente:

Estudio de factibilidad para la instalación de tomas de energía eléctrica

Dependiente:

Para los buques que atracan en los muelles de aguas profundas de la autoridad portuaria de manta.

CAPITULO II

2 ANALISIS DE LA DEMANDA GENERADA POR LOS BUQUES QUE ATRACAN EN LOS TERMINALES DE APM.

La demanda de energía de este tipo de buques está constituida por el sistemas de iluminación (alumbrado), tomacorrientes, motores para accionamiento de las grúas, sistema de acondicionamiento de aire, bombas de agua, entre otros.

2.1 Sistemas de alumbrado general del buque.

Los sistemas de alumbrado se caracterizan por las áreas a iluminar y condiciones a las que van a estar expuestos. Por tal motivo, el alumbrado se instala con el objetivo de aportar iluminación a un espacio que no lo posee, especialmente por las noches. Además, es preciso poder contar con una iluminación adecuada para poder realizar tareas y actividades que requieren de claridad en una embarcación en el interior a cualquier hora del día, así como en los exteriores del buque en las noches; por ende, se debe instalar un sistema de iluminación correspondiente a una sección determinada de la embarcación.

2.2 Alumbrado interior del buque.

El alumbrado interior de un buque debe cumplir con los requisitos, normas y especificaciones técnicas para ambientes salinos y será distribuido de manera que ningún área de la misma embarcación quede a oscuras. Esto incluye los espacios de proa a popa, desde la cabina de mando (puente de mando) hasta el cuarto de máquinas.

El tipo de lámparas utilizadas para el alumbrado del buque debe cumplir con lo siguiente: luminarias con alto nivel de hermeticidad, que operen con lámparas fluorescentes lineales T8 o T5, con una carcasa en policarbonato inyectado, generalmente de color gris, tipo RAL 7035, con protección anti UV. El cuerpo interior debe ser de chapa de acero fosfatizado y acabado en color blanco, con un difusor de policarbonato inyectado estabilizado a los rayos UV.

El portalámparas debe tener una base tipo G5 para tubos fluorescentes T5, con una empaquetadura de alta calidad, siliconado para altas temperaturas, pudiendo ser adosadas a techos y apliques murales, suspendidas por cadenas y en soportes para líneas continuas. (silvanya, 2016-2017).

En la figura que sigue se ilustra el tipo de lámparas descrito anteriormente.



Figura 1. Lámpara tipo hermética 2×28W T5 227V.
Fuente: buque pesquero “JOCA Y”.

2.2.1 Consumo de energía por alumbrado interior.

En un buque pesquero para de 1.400 toneladas de registro bruto, el consumo de energía por alumbrado interior se lo puede representar en la siguiente tabla.

Tabla 1. Demanda generada por todo el sistema de iluminación interno.

Área	Número de lámparas	Corriente (A)	Tensión (V)	Potencia (W)	Fp
Puente	5 (2x28)	1.6	220	280	0.80
Baño	3 (2x28)	0.95	220	168	0.80
Camarote Jefe de máquinas.	2 (2x28)	0.64	220	112	0.80
Camarote Asistente	2 (2x28)	0.64	220	112	0.80
Camarote Cocinero	2 (2x28)	0.64	220	112	0.80
Tripulación	6 (2x28)	1.90	220	336	0.80
Baño general	2 (2x28)	0.64	220	112	0.80
Pasillos camarote	8 (2x28)	2.54	220	448	0.80
Cocina/ comedor	4 (2x28)	1.27	220	224	0.80
Cofa interior	1 (2x28)	0.31	220	56	0.80
Parque de pesca	20 (2x28)	6.36	220	1120	0.80
Gamuza	3 (2x28)	0.95	220	168	0.80
Cuarto herramientas y materiales	3 (2x28)	0.95	220	168	0.80
Área de máquinas y compresores.	4(2x28)	1.27	220	224	0.80
Máquina principal	4(2x28)	1.27	220	224	0.80
Pasillo máquina	3(2x28)	0.95	220	168	0.80
Cuarto de Generadores	3(2x28)	0.95	220	168	0.80

Cuarto de Servo motor	2(2x28)	0.64	220	112	0.80
Túnel	4(2x28)	1.27	220	224	0.80
Total	81(2x28)	25.74	-	4.533	-

Fuente: el autor.

2.3 Alumbrado exterior del buque.

Este sistema como su mismo nombre lo indica, está ubicado en todo el exterior del barco rodeando con características iguales a las del sistema de alumbrado interior, solo con la peculiaridad de que en esta parte se suman los reflectores, estas lámparas van en los exteriores de la cabina de mando, camarotes los reflectores están distribuidos en puntos estratégicos que van desde la cofa y en la parte superior de la cabina de mando que da a la proa y en el área que da a la popa.



Figura 2. Lámpara tipo hermética 2x28W T5 227V.
Fuente: buque pesquero "JOCA".

2.3.1 Reflectores, 400W/220V/18.18A.

Los reflectores están situados o ubicados en partes estratégicas del barco, para cubrir la falta de iluminación en las noches al momento de realizar cualquier tipo de trabajos o maniobra con una iluminación adecuada.

La potencia de los reflectores normalmente es de 400W, operan a una tensión de 220V, son del modelo Jeta 6, sin fotocelda, son del tipo MET, con halogenuro metálico.

En la figura que sigue, se ilustra una representación del tipo de reflectores utilizados para el alumbrado exterior y una tabla del sistema de iluminación externo correspondiente a las mismas características nombradas para el alumbrado interior.



Figura 3. Reflector de aluminio anodizado de alta pureza (Jeta).
Fuente: Buque pesquero "JOCAY".

2.3.2 Consumo de energía por alumbrado exterior.

En la siguiente tabla, indica los principales elementos necesarios para la iluminación exterior de toda la embarcación, con sus características principales.

Tabla 2. Demanda generada por todo el sistema de iluminación externo.

Área	Número de lámparas	Corriente (A)	Tensión (V)	Potencia (W)	Fp
Estribor/puente	5 (2x28)	1.60	220	280	0.80
Babor puente	5 (2x28)	1.60	220	280	0.80
Proa puente	3 (2x28)	0.95	220	168	0.80
Popa puente	3 (2x28)	0.95	220	168	0.80
Estribor/camarotes	7 (2x28)	2.22	220	392	0.80
Babor camarotes	7 (2x28)	2.22	220	392	0.80
Cofa exterior	4 (2x28)	1.27	220	224	0.80

Reflectores puente babor	(2x400)	4.54	220	800	0.80
Reflectores puente estribor	(2x400)	4.54	220	800	0.80
Reflectores cofa	(4x400)	9.1	220	1600	0.80
Total	34 lámparas 8 reflectores	29	-	5104	-

Fuente: el autor.

2.4 Sistema de tomacorrientes de 120 VAC/61.93 A.

Las embarcaciones cuentan con diferentes circuitos de tomacorrientes en cada una de las áreas de la embarcación y para suministrar la demanda necesaria entre otras cargas varias que se encuentran a bordo tales como cafeteras, purificadores de agua, TV, DVD, ubicados en la cocina, comedor y camarotes. Además, con tomas para el sistema de lámparas de emergencia y luces piloto ubicados en los pasillos, escaleras, puente de gobierno, cuarto de máquinas, etc.



Figura 4. Toma superficial, 15A/120VAC.
Fuente: buque pesquero "JOCAY".

La siguiente tabla detalla el consumo de cargas instaladas en ciertas áreas del buque.

Tabla 3. Demanda generada por todo el sistema de tomacorrientes 120V uso general.

Áreas: cocina, comedor	Número de tomas	Corriente (A)	Tensión (V)	Potencia (W)	Fp
Licuadaora	1x(250)	2.84	120	250	0.80
Microondas	1x(1200)	13.63	120	1200	0.80
Tv	4x(150)	6.82	120	600	0.80
Dvd	4x(25)	1.13	120	100	0.80
Pasillos, luces emergencia	6x(50)	3.41	120	300	0.80
Escalera	6x(50)	3.41	120	300	0.80
Cuarto de máquina	6x(50)	3.41	120	300	0.80
Puente	4X(50)	2.27	120	200	0.80
Taladros	2X(500)	11.36	120	1000	0.80
Pulidora	1X(1200)	13.63	120	1200	0.80
Total	35 tomas	61.93	120	5450	-

Fuente: el autor.

2.5 Interruptores para tomacorrientes de 120 VAC / 9.70A.

Situados en la cabina de mando se conforman con un circuito de 4 tomacorrientes de 120V. Las cabinas de los tripulantes están conformadas por circuitos mixtos de iluminación de cabecera y punto de tomacorriente en cada cama (litera), total 2 por camarote. Además 1 en el baño, 1 para el camarote del cocinero, 1 para el jefe de máquina, asistente de jefe de máquina, 1 capitán.



Figura 5. Interruptor con toma corriente 20 a/120vac.
Fuente: el autor.

La siguiente tabla muestra la demanda de los equipos a utilizar para la bitácora, registros de pesca, registro del personal, etc.

Tabla 4. Demanda generada por todo el sistema de interruptor tomacorriente a 120v uso individual.

Área, Camerinos y cabina de mando	Número de Tomas	Corriente (A)	Tensión (v)	Potencia (W)	Fp
Laptops	2x(20)	0.45	120	40	0.80
Computadora	4(80)	3.63	120	320	0.80
Baño	2x(10)	0.23	120	20	0.80
Cuarto Jefe de pesca	2x(10)	0.23	120	20	0.80
Cuarto navegador	2x(10)	0.23	120	20	0.80
Cuarto jefe de máquina	2x(10)	0.23	120	20	0.80
Cuarto Cocinero	2x(10)	0.23	120	20	0.80
Impresoras	2x(150)	3.41	120	300	0.80
Equipo de sonido	2x(45)	1.02	120	90	0.80
TOTAL	23 tomas	9.70	-	850	-

Fuente: el autor.

2.6 Sistema de tomacorrientes 220 voltios 1 ϕ /74.21 A y 220 voltios 3 ϕ /137.21 A.

Todos estos sistemas previamente fueron distribuidos de manera minuciosa para cumplir con las normativas marítimas que están conformada por gamuza de víveres, gamuza de carnes, 1 central para el puente, 1 central para los camarotes, neveras, cocina, batidora, máquina de soldar, entre otros.

La tabla 5 muestra una conversión de BTU a W y las tablas 6 y 7 muestran las cargas junto a sus demandas instaladas en este sistema eléctrico.

Power (BTU/hr)	Power (watt)
1 BTU/hr	0.293071 W
10 BTU/hr	2.930710 W
100 BTU/hr	29.307107 W
1000 BTU/hr	293.071070 W
10000 BTU/hr	2930.710700 W

Figura 6. Conversión de BTU/Hr a watts.
Fuente: www.rapidtables.com.

Ejemplo:

$$P(w) = P(btu/hr) \times 0.29307107 = P(btu/hr) / 3.412141633.$$

$$P(w) = 20000 \text{ BTU/hr} / 3.412141633 = 5861.42 \text{ W}.$$

Tabla 5. Demanda generada por todo el sistema de tomacorrientes A 220v 3 ϕ .

Áreas, varias	Número de tomas	Corriente (A)	Tensión (V)	Potencia (W)	Fp
Gamuza víveres.	1x(4500)	14.76	220v (3 ϕ)	4500	0.80
Gamuza presas	1x(3500)	18.04	220v (3 ϕ)	5500	0.80

Acondicionador de aire (puente) 24000btu (inverter)	2x(2062.24)	13.53	220v (3 ϕ)	4124.5	0.80
central 64000 btu camarotes.	1	18.03	220v (3 ϕ)	5497	0.80
cocina/comedor	1	9.85	220v (3 ϕ)	3000	0.80
Total	6	74.21	-	22621.5w	-

Fuente: el autor.

Tabla 6. Demanda generada por todo el sistema de tomacorrientes A 220v 1 ϕ

Áreas, varias	Número de tomas	Corriente (A)	Tensión (V)	Potencia (W)	Fp
Neveras	1x(650)	3.70	220	650	0.80
Batidoras	1x(800)	4.55	220	800	0.80
Máquina de soldar	1x(8800)	50	220	8800	0.80
Lavadora/secadora	1x(6000)	34,1	220	6000	0.80
Tostadora	1x(900)	5.11	220	900	0.80
Cafetera	1x(800)	4.54	220	800	0.80
Dispensador de agua	2x(600)	6.81	200	1200	0.80
Lavavajillas	1x(2000)	11.36	220	2000	0.80
Aspiradoras	1x(1500)	17.04	220	3000	0.80
Total	9	137.21	-	24150	-

Fuente: el autor.

2.7 Equipos de computación y comunicación del buque.

Existe una serie de equipos de comunicación que necesitan de un tipo de corriente continua a 12-24 VDC, 75 ah x 4 = 300 ah, Para ellos se suelen implementar un banco de baterías con sus respectivos cargadores de baterías o sistemas UPS, los cuales se cargan de la red trifásica o de la monofásica mediante grupos transformadores-rectificadores. Estos consumidores normalmente se ubican en el puente o cabina de mando, cuya ilustración se detalla a continuación:



Figura 7. Cabina de Mando.
Fuente: buque pesquero "JOCAY".

Estas fuentes de energía que alimentan estos dispositivos se dividen:

- Principal y De Emergencia.
- Reserva (baterías)

La instalación de las líneas y aparamentas para el suministro de energía eléctrica de todo los sistemas de comunicaciones en un buque tienen a su vez dos posibles opciones o formas además hay que tener en cuenta los buques cuentan con sistemas principales y duplicados, para este caso vamos a analizar los dos para que haya una mayor percepción de lo que vamos analizando.

2.7.1 Parque de baterías único 75 ah x 4 = 300 ah, voltaje: 12 vdc.

Los sistemas de comunicaciones se duplicarán y habrá un cargador y parque de baterías único con dos líneas alternas independientes (tanto principal como de emergencia) (Cano, 2012-2013)

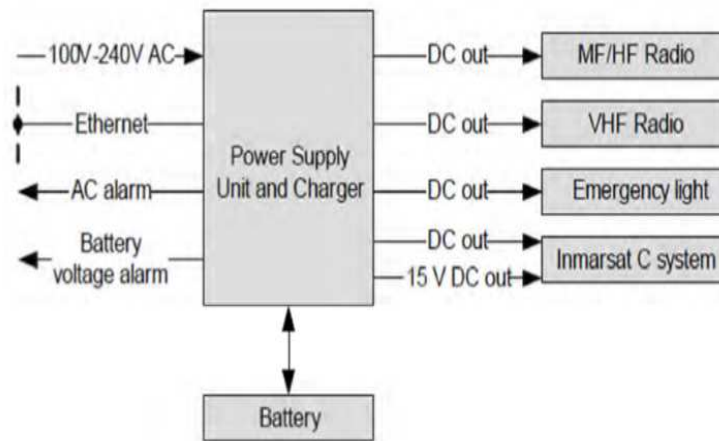


Figura 8. Sistema simple de una unidad de alimentación y cargador variante A.
Fuente: pdf. Electricidad en buques.

2.7.2 Parque de baterías doble (dual floating charge). 75 ah x 4 = 300 ah, voltaje: 12 vdc.

Los sistemas de comunicaciones se duplicarán donde se incorporará un cargador y parque de baterías por cada sistema con dos líneas alternas independientes (tanto principal como de emergencia).

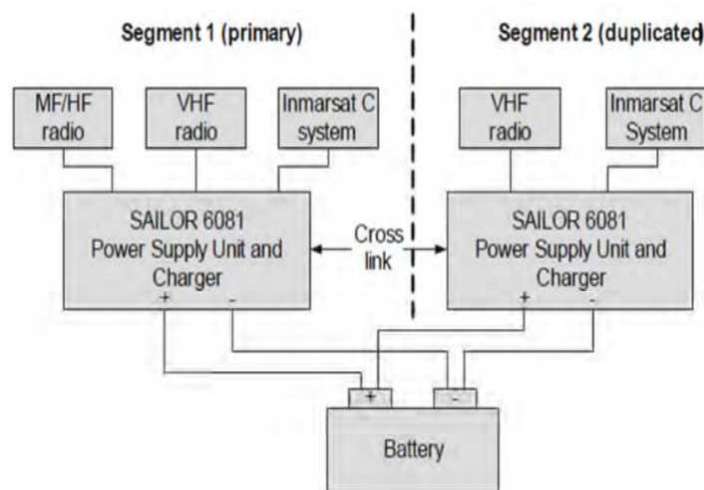


Figura 9. Sistema dual unidad de alimentación y cargador variable B.
Fuente: Electricidad en buques.

2.7.3 Asociación de baterías.

La asociación de las baterías se puede realizar de tres maneras: en serie, en paralelo y en mixto (serie-paralelo).

Esto se obtiene uniendo todos los positivos entre sí, y todos los negativos entre sí. La característica de esta asociación daría como resultado una intensidad de $75 \text{ Ah} \times 4 = 300 \text{ Ah}$; Voltaje: 12 VDC.

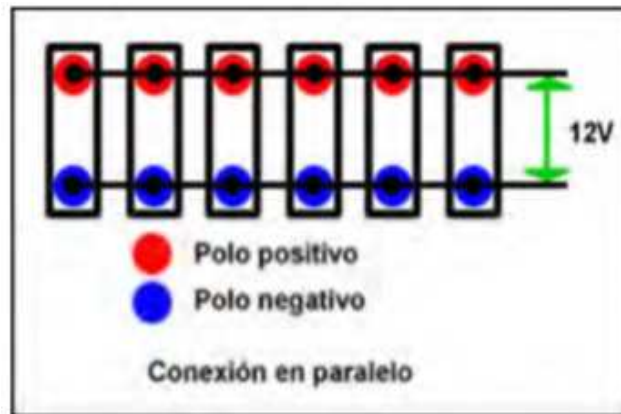


Figura 10. Asociación de baterías en paralelo..
Fuente: Electricidad en buques.

La asociación de baterías en serie consigue un aumento de la tensión sumándose (la de cada uno de los elementos que forman el montaje). Esto se consigue uniendo un polo positivo con el negativo de la siguiente, y así hasta el último elemento del circuito. Al final deben quedar sueltos el positivo de la primera y el negativo de la última, siendo éstos los bornes generales del sistema. La característica de esta asociación sería Voltaje: $12 \text{ V} \times 4 = 48 \text{ VDC}$; Intensidad: 75 Ah.

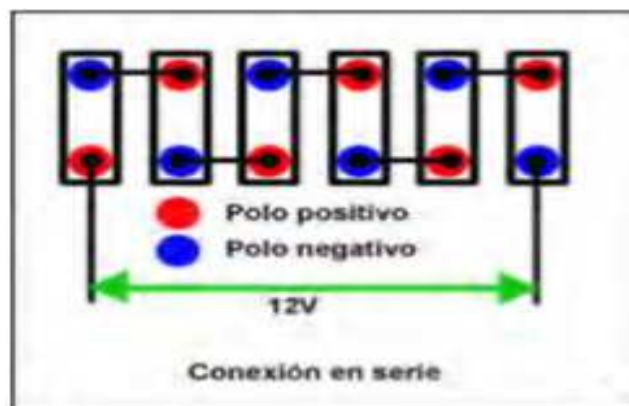


Figura 11. Asociación de baterías en serie..
Fuente: Electricidad en buques.

La asociación de baterías mixta consigue un aumento de la “carga” o la corriente y del voltaje. Esto se obtiene realizando un montaje serie (en filas) y otro paralelo (en columnas) como si de una matriz se tratará, obteniendo así un resultado de aumento en voltaje según el número de baterías en la fila, y un aumento del amperaje según el número de amperios por filas. La característica de esta asociación sería voltaje: $12\text{ V} \times 4 = 48\text{ VDC}$; Intensidad: $75\text{ Ah} \times 4 = 150\text{ Ah}$. (Cano, 2012-2013, págs. (Cano, C. 2013))

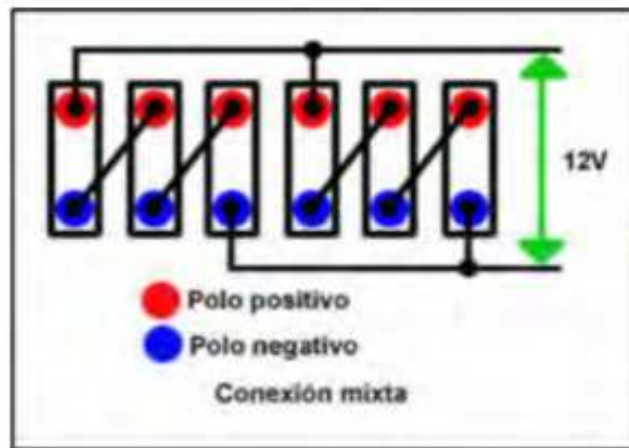


Figura 12. Asociación de baterías mixta.
Fuente: Electricidad en buques.

Tabla 7. Equipos alimentados con tensiones de 12-24 VDC.

Área cabina de mando	Potencia (W)	Corriente (MA)	Freq.
Girocompás	100	0.44 MA	188.50 MHZ
RADAR	400	1.87MA	177.90MHZ
RADIOS	350	0.18MA	158.90MHZ
DMS	300	0.18	167.40MHZ
Ecosonda	300	0.13 MA	188.90 MHZ
RADIO BALIZA	250	0.12MA	170.30MHZ
Total	1450 w	2.89 MA	-

Fuente: el autor.

2.8 Bombas de enfriamientos de los grupos electrógenos del buque.

Cumplen con la función de succionar continuamente el agua del mar para realizar el enfriamiento del grupo electrógeno.



Figura 13. Motores 3φ de Ac (2×5hp).
Fuente: buque pesquero "JOCA".

Fórmula para determinar la corriente 3 φ

$$I_{3\phi} = P / \sqrt{3} \cdot V_{LL} \cdot \cos \phi$$

$$\text{Donde: } I_{3\phi} = \frac{7460w}{\sqrt{3} \cdot 440 \cdot 0.80} = 12.23 \text{ A}$$

2.8.1 Enfriamiento del grupo electrógeno.

Los grupos electrógenos necesitan de un sistema de refrigeración por agua para mantener una temperatura óptima de funcionamiento además para garantizar un suministro correcto de agua como medio refrigerante, En estos casos se ha de dotar al sistema de un filtro de agua de mar que evite la entrada de impurezas en el sistema de refrigeración. Las salidas de agua de la refrigeración se realizan junto con los gases de escape, que puede estar compartida con la máquina principal o ser independiente. El sistema de refrigeración del generador debe permitir trabajar al equipo a una temperatura adecuada, aunque el barco se encuentre en las aguas cálidas tropicales.

Otra de las medidas desarrolladas por los fabricantes de generadores es proteger a los equipos de la electrólisis producida por el agua salada y la acumulación de sustancias salinas en los conductos.

2.8.2 Aptitudes del generador eléctrico enfriado por agua.

El tipo de refrigeración por agua, hace que el grupo electrógeno presente menor sonoridad, además es el sistema indicado para trabajar bajo en temperaturas además no consume demasiado aceite y posee bajo nivel de contaminación ambiental.

2.8.3 Inaptitudes del generador eléctrico enfriado por agua.

Los sistemas de refrigeración por agua, de circuito cerrado, son los más utilizados en los grupos electrógenos. Los circuitos abiertos funcionan a través de la circulación de agua por el motor, y desechándola posteriormente, Consumo de agua excesivo, No es capaz de controlar la temperatura del agua de entrada y salida con la ayuda de anticongelantes para trabajar en bajas temperaturas. (Sistemas de Refrigeración del Generador Eléctrico).

2.9 Bombas de los recirculadores de las cubas.

Son bombas acopladas a un motor con un tipo de conexión eléctrica trifásicas de corriente alterna su función principal es succionar agua de mar e inyectarla hacia las cubas que es donde está el pescado después que se realice el proceso descongelación y mediante sistemas de válvulas y mangueras esta agua que previamente fue inyectada se devuelve al mar, cabe recalcar que estas bombas cumplen varias funciones como la limpieza de la cubierta, casco, etc.



Figura 14. Motores 3 ϕ de Ac (2 $\times$ 7.5hp).
Fuente: buque pesquero "JOCA".

Fórmula para determinar la corriente 3 ϕ

$$I_{3\phi} = P / \sqrt{3} \cdot V_{LL} \cdot \cos\phi$$

$$\text{Donde: } I_{3\phi} = \frac{11.19 \text{ Kw}}{\sqrt{3} \times 440 \times 0.80} = 18.35 \text{ A}$$

2.10 Compresores sistema de refrigeración del buque.

A lo largo de mi investigación he notado que la mayoría de buques pesqueros tienen este sistema casi homologado, porque al tener varias unidades este sistemas de refrigeración pueden distribuir de manera más eficientes y al cumplir con la acción principal que es la congelación del pescado además se utiliza para mantener ciertas áreas a temperaturas agradables para el hombre y para los apartamentos inmiscuidos en él: en caso de equipos electrónicos que tienen que estar a una temperatura deseada para que no se inhiban ni se condensen.



Figura 15. Compresores 6x50hp.
Fuente: buque pesquero "JOCAY".

Fórmulas para determinar la corriente 3 ϕ

$$I_{3\phi} = P / \sqrt{3} \cdot V_{LL} \cdot \cos\phi$$

$$\text{Donde: } I_{3\phi} = \frac{223.8 \text{ kw}}{\sqrt{3} \times 440 \times 0.80} = 367.07 \text{ A}$$

2.10.1 Bombas de condenso del sistema de refrigeración del buque.

Estas bombas encienden en paralelo con los compresores y su funcionamiento dependerá del sistema de refrigeración, El manejo y la recuperación del condensado para su reutilización siempre requiere de una presión diferencial positiva entre el origen y el (recirculación de esta presión). En algunos casos, la

presión de vapor y la entrada de la trampa es suficiente para vencer la contrapresión del sistema, pero en muchas instalaciones la presión diferencial es negativa y requiere de una bomba para llevar el condensado hasta otra área.



Figura 16. Motores 3 ϕ de Ac (2x10hp).
Fuente: buque pesquero "JOCA".

Fórmulas para determinar la corriente 3 ϕ

$$I_{3\phi} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_{LL} \cdot \cos\phi}$$

Donde: $I_{3\phi} = \frac{14.92 \text{ kw}}{\sqrt{3} \times 440 \times 0.80} = 24.47 \text{ A}$

2.11 Sistema contra incendios del buque.

El sistema contra incendios se determina mediante las necesidades y cumpliendo las normativas de la organización marítima internacional (OMI), Que según su tonelaje de registro bruto (TRB) es necesario para todo tipo embarcación sin importar la actividad que tenga un sistema contra incendios. La OMI tiene varios criterios y consideraciones para que el sistema contra incendio de una embarcación sea calculado en base a unos parámetros y consideraciones previas que están a continuación.

2.11.1 Bombas principales contra incendios.

El convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar (SOLAS) prevé dos bombas acopladas a motores eléctricos activas y operativas su principal función es de activarse en caso de un incendio,

ubicadas en la sala de máquinas, y la segunda que generalmente es la bomba de servicios generales. (gsd, 2/12/2016)

2.11.2 Cantidad de bombas dependiendo el TRB de la embarcación.

- ❖ Buques de pasaje + 4000 TRB 3
- ❖ Buques de pasaje – 4000 TRB 2
- ❖ Buques de carga + 1000 TRB 2
- ❖ Los Buques de carga de 1000 TRB cuentan con 2 bombas motorizadas, y 1 independiente.
- ❖ La capacidad de cada bomba nunca puede ser inferior a 25 m³/h y deben poder descargar como mínimo 2 chorros de agua. (gsd, 2/12/2016)



Figura 17. Grupo de bombeo 2×10 hp y 1×5hp.
Fuente: Sistemas contra incendios para buque.

Fórmulas para determinar la corriente 3 ϕ

$$I_{3\phi} = P / \sqrt{3} \cdot V_{LL} \cdot \cos\phi$$

$$\text{Donde: } I_{3\phi} = \frac{18.65 \text{ kw}}{\sqrt{3} \cdot 440 \times 0.80} = 30.59 \text{ A}$$

En las siguientes tablas se establece otras cargas adicionales que son, tanto monofásicas como trifásicas.

Tabla 8. Demanda total de todas las cargas monofásicas que se integran al buque pesquero.

Areas uso general	Potencia 1 ϕ (KW)	Corriente (A)	Fp
Sistema de iluminación.	9,637	54,74	0.80
Tomas 120 v	5,45	61,93	0.80
Interruptor/Tomacorriente	0,85	9,70	0.80
Sistema de tomacorrientes 220 voltios 1 ϕ .	24,15	137,21	0.80
Equipos de comunicación.	1,450	2,89	0.80
Total	41,53 kW/51.91kva	266.47	-

Fuente: el autor.

Tabla 9. Demanda total de todas las cargas trifásicas que se integran al buque pesquero.

Areas uso general	Potencia 3ϕ (KW)	Corriente (A)	Fp
Bombas de enfriamientos de los generadores	7,46	12,23	0.80
Bombas / recirculadores de las cubas.	11,19	18,36	0.80
Compresores sistema de refrigeración	223,8	367,07	0.80
Bombas de condensa sistema de refrigeración	14,92	24,47	0.80

Sistema contra incendios.	18,65	30,59	0.80
Sistema de tomacorrientes 220 v 3φ	22,621	74,21	0.80
Total	298.64 KW/373.3 KVA	526,93	-

Fuente: el autor.

Tabla 10. Sumatoria de las potencias correspondientes a las tablas 9 y 10.

	Potencias (kW)	Corrientes (A)
Tabla 9	298.64Kw/373.3 Kva	526,93
Tabla 10	41,53 Kw/51.91Kva	263.58
Total	340,17KW/ 425,22 KVA	793.40

Fuente: el autor.

CAPÍTULO III

3 ANÁLISIS ACTUAL DE LA RED ELÉCTRICA EN MEDIA TENSION.

La subestación eléctrica Miraflores, denominada Manta 1, con sus coordenadas $X_u=0.957620$, $Y = -80.720815$, ubicada en el barrio del mismo nombre, provee del servicio de energía eléctrica para el terminal portuario de Manta. Esta subestación eléctrica es la encargada de abastecer a todo el alimentador No.1, aportando un nivel de voltaje de 13.8KV a toda esa troncal llegando así a la Autoridad Portuaria.

En el gráfico que sigue se puede apreciar el recorrido del alimentador No. 1 que da servicio de energía eléctrica a APM.



Figura 18. Recorrido actual del alimentador 1.
Fuente: CNEL-EP.

Tabla 11. Conductores usados en el alimentador 1 tramo 1.

ESPECIFICACIONES PARTICULARES DEL CONDUCTOR DE AI, DESNUDO, CABLEADO, ACSR, 7 (6/1) HILOS						
ITEM	DESCRIPCIÓN TÉCNICA	Calibre del Conductor (AWG)	Mínima Capacidad de corriente (A)	Área de sección transversal nominal (mm ²)	Tensión mínima de ruptura (Kg)	Peso Total (kg / Km)
6	CONDUCTOR DE AI, DESNUDO, CABLEADO, ACSR, 4/0 AWG, 7 (6/1) HILOS	4/0	383	107,2	3 810	432,5

Fuente: CNEL-EP.

3.1 Características de la red del alimentador.

La distancia desde la Subestación Manta 1 hasta la toma de acometida eléctrica para las instalaciones de Autoridad Portuaria es de 2,46 Km, las coordenadas del lugar de la entrada de la acometida son X=0°56'33.6 S Y= 80°43'31.7 W.

La estructura del alimentador No.1, en su mayoría de tramo predomina la estructura 3CP montada en postes de H.A. y a su vez aisladores Espiga (Pin), de Porcelana, Clase ANSI 55-5, clase 15 KV.

El conductor del cual está construido el alimentador No. 1, es ACSR # 4/0 desde la S/E Manta 1 hasta la calle 15 y ave. 3, punto desde donde se inicia el ramal para APM, el cual está construido con un conductor ASC # 2/0.

NOMBRE CLAVE	CALIBRE AWG ó MCM	SECCION mm ²	FORMACION No. de hilos por diámetro mm.	DIAMETRO EXTERIOR MM.	PESO TOTAL Kg/Km	TENSION DE RUPTURA Kg.	RESISTENCIA C.C. A 20°C OHMS/Km.	CAPACIDAD DE CORRIENTE AMP.
Aster	2/0	67,43	7 x 3,503	10,55	184,20	1185,00	0,424	286

Figura 19. Tabla de los conductores usados en el ramal de APM.
Fuente: CNEL-EP.

En las siguientes ilustraciones muestran los cuadros de flujo de carga desde el punto de generación y su acometida donde apreciamos los valores reales por parte de ese alimentador los cuales fueron proporcionados por parte de la empresa CNEL-EP además de otras variantes elementales como potencia activa, reactiva y aparente.

Cuadro de flujo de carga								
Línea aérea por fase - 36186_MTA								
	V PU	V base	kVLL	kVLN	i (A)	kVA	kW	kVAR
A	1,019	122,3	14,1	8,1	199,9	1623,6	1613,1	184,9
B	1,019	122,3	14,1	8,1	184,9	1501,9	1495,3	140,9
C	1,019	122,3	14,1	8,1	173,6	1410,0	1394,2	210,6
Total:						4534	4503	536

Figura 20. Voltaje en Condiciones Actuales, Voltaje en la fuente S/E.
Fuente: CNEL-EP

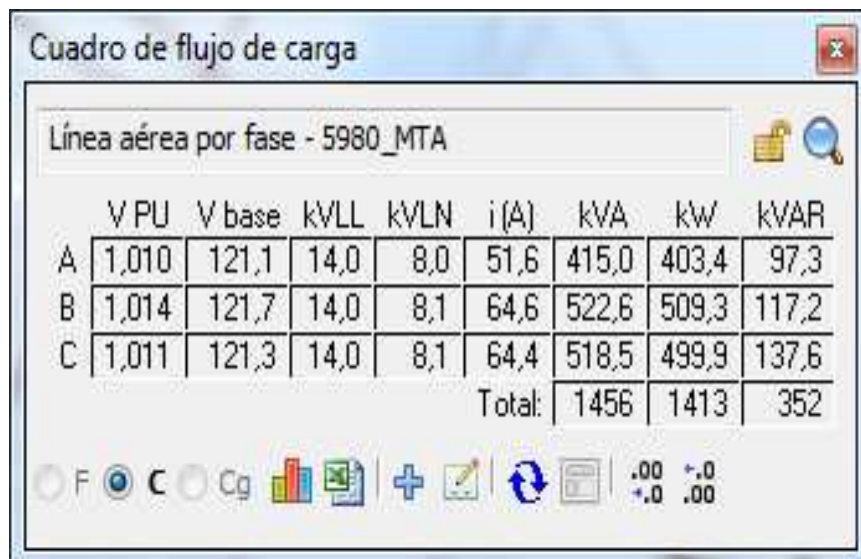


Figura 21. Voltaje en el punto de acometida a 13.8 KV S/E.
Fuente: CNEL-EP

Las potencias reales del alimentador en su totalidad están distribuidas según su horario de demanda, la siguiente tabla muestra cómo están reflejadas o repartidas sus potencias.

Tabla 12. Demanda total del alimentador.

DEMANDAS A ENERO DEL 2019	
BASE	3.88MW
MEDIA	4.21MW
PUNTA	3.57MW

Fuente: CNEL-EP.

Dados los datos que se obtuvo en base al estudio de demanda de los buques pesqueros (que se detallará posteriormente) y que fueron proporcionados a la CNEL-EP, con el objetivo de saber si el ramal estaba o no en condiciones de soportar ese incremento en la demanda, la CNEL-EP en base a los criterios proporcionados y afectando los flujos de carga con la demanda propiamente calculada, además de variables y criterios profesionales propias de ese troncal, se ha determinado que ese alimentador no está en condiciones de soportar ese

incremento de carga, por lo que CNEL-EP y su personal técnico pone a disposición tres posibilidades:

1. Crear una subestación a 69/13,8 KV exclusiva para la autoridad portuaria, considerando factores de incremento en la demanda eléctrica y dependiendo de esta acogida, que las tomas para los muelles sea un éxito y no solamente proveer servicio de energía a buques pesqueros sino también a los cruceros, buques carreros, graneleros, etc.
2. Crear un nuevo alimentador exclusivo a 13.8 KV desde la S/E Manta 1 hasta Autoridad Portuaria. Este alimentador no debería superar los 5 MW nominal.
3. Reemplazar el transformador actual a uno con superior potencia en la S/E Manta 1 y repotenciar todo el alimentador desde el punto de transformación hasta Autoridad Portuaria.

3.2 Condiciones del alimentador No. 1 de la CNEL-EP.

Debido al tiempo de utilización, el alimentador No. 1 que alimenta desde la S/E No.1 hasta el inicio del ramal de APM, no está en buenas condiciones, porque la mayoría de los postes están dañados y al no ser un alimentador exclusivo porque provee del servicio a otras cargas, por lo que al incrementarse la demanda en la APM afectaría las condiciones de todo el alimentador.

CNEL-EP basándose en las regulaciones del Arconel y a los criterios y vastos conocimientos del personal de dicha empresa, argumenta que solo puede proveer 1,5 MW de los cuales la APM actualmente consume 1.413MW.

3.3 Estudio del ramal que alimenta a APM.

La derivación del alimentador No. 1 que parte desde la avenida 3 y calle 15 hacia el patio 300, es una acometida aérea que transporta una tensión de 13.8kV, mediante conductores del tipo ASC 2/0 AWG, es la que actualmente da servicio de energía a Autoridad Portuaria y al Yatch Club.

Este ramal presenta problemas como los de postes en mal estado y las estructuras en general afectadas por la salinidad.



Figura 22. Tramo de menor sección del conductor.
Fuente: el autor.

3.4 Análisis del tendido eléctrico desde el patio 300 hasta la S/E No. 1 (tensión en el primario de 13.8kv a 440v).

La parte del tramo que va desde el patio 300 hasta el generador principal, se lo realiza con un sistema soterrado con una distancia de 71,7 m. Junto al generador principal se ubica el tablero de transferencia. Desde este tablero hasta los muelles con una distancia de 1,46 Km, sistema soterrado, se llega a la cabina de transformador que actualmente da servicio eléctrico a esos sectores.

Este tramo soterrado está en condiciones desfavorables debido a la falta de mantenimiento y peor aún, que no se ha realizado repotenciaciones.

El personal de APM sostiene que cuando se creó el alimentador no pensaron que la demanda del mismo se incrementaría de una manera tan rápida, por lo que tuvieron un gran déficit energético, que los llevó a instalar un banco de capacitores en media tensión para mejorar su nivel de voltaje, además como se aprecia en la gráfica anterior del recorrido del alimentador, se puede observar que la distancia es considerable.

Una vez incrementada su demanda, la solución a la que llegaron fue en repartir el nivel de tensión del primario en 9 subestaciones distintas y distribuidas para los edificios administrativo (APM y TPM), patios de maniobras,

talleres , balanzas, entre otras cargas, que se van aumentando como la del edificio que se está construyendo (antinarcóticos).

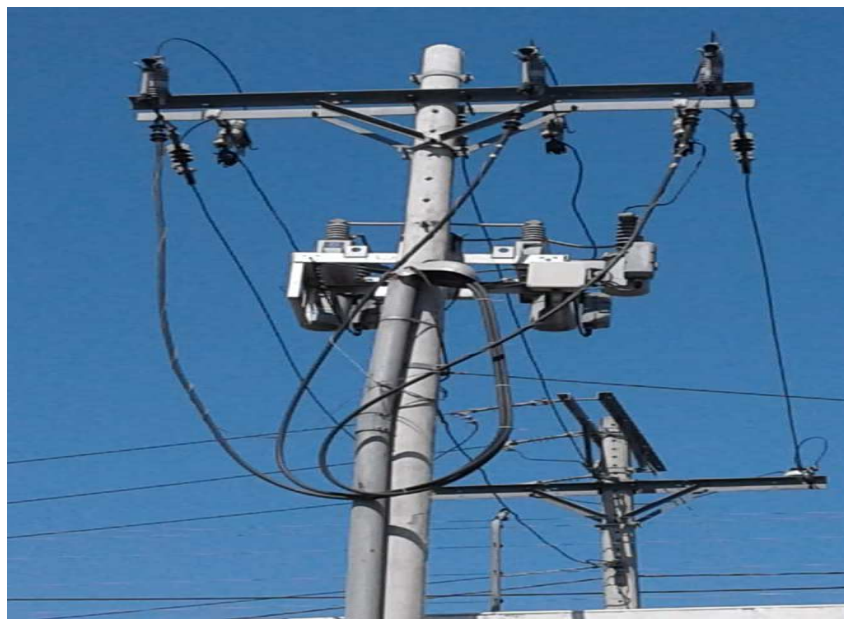


Figura 23. Acometida principal del terminal portuario.
Fuente: el autor.



Figura 24. Tramo soterrado desde la acometida hasta la subestación principal.
Fuente: el autor.

las figuras a continuación muestran a el estado de los pozos de revisión y de los tableros eléctricos.



Figura 25. Tramo soterrado desde la acometida hasta la subestación principal.
Fuente: el autor.

Las condiciones operativas de las aparamentas integradas en el sistema eléctrico son ineficientes, por lo cual se recomienda repotenciar en su totalidad todo el sistema eléctrico antiguo e incorporar una nueva tecnología sostenible y eficiente, para minimizar las pérdidas y el impacto ambiental.



Figura 26. Equipos antiguos, actualmente operativos
Fuente: el autor.

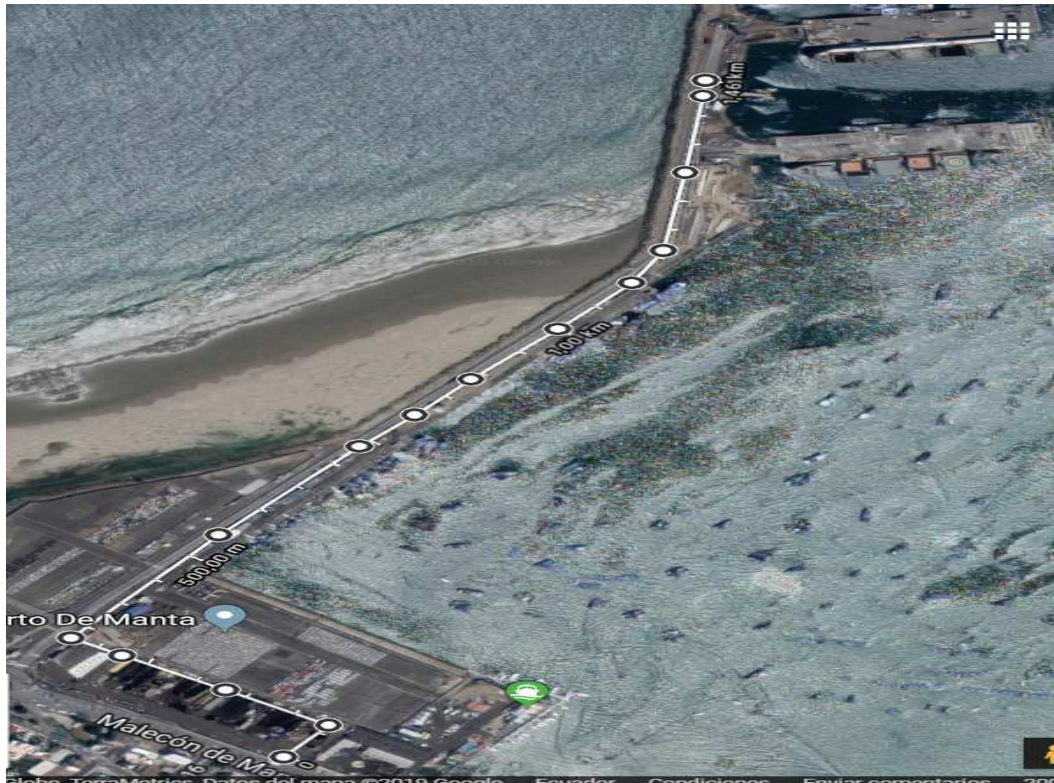


Figura 27. Recorrido de todo el alimentador interno
Fuente: el autor.

CAPITULO IV

4 DISEÑO DE LA RED EN MEDIA TENSIÓN PARA ALIMENTAR LAS TOMAS EN LOS MUELLES.

Toda la información que he recopilado hasta ahora y los criterios proporcionados por parte del personal técnico de CNEL-EP así como de la APM, nos llevan a determinar que la mejor opción será la construcción de un alimentador nuevo y exclusivo para la APM.

Dependiendo de las consideraciones tomada para la construcción de este alimentador, este circuito tendrá una longitud total de 3.72 km, de los cuales dando inicio desde la S/E Manta 1 hasta la cabecera de los muelles internacionales de la APM. Su construcción será en dos tramos de tipo aéreo y soterrado.

El tipo aéreo tendrá una longitud de 2.26 km y el tipo soterrado tendrá 1.46km. El tramo aéreo se deriva en dos partes la primera que parte desde dicha subestación hasta la (calle 15 y ave. 3) tendrá un conductor 4/0 AWG y el tipo del conductor es ASCR, con una longitud de 2.15 km, la otra parte del tramo que inicia en la (calle 15 y ave 3) hasta el borde de patio 300 en los exteriores

de la APM, las coordenadas de la acometida principal donde termina el sistema aéreo están representados por los cuadrantes $X=0^{\circ}56'33.6$ S $Y=80^{\circ}43'31.7$ W, con una longitud de 0.245km, tendrá un conductor 2/0 AWG de tipo ASCR.

El tramo soterrado iniciara desde el borde del patio 300 hacia la cabecera de los muelles tendrá una longitud de 1.46 km el conductor será de tipo apantallado 2/0 AWG.

4.1 Tramo del alimentador principal de la CNEL, línea aérea (nivel de tensión en el primario 13.8kv).

La construcción del nuevo alimentador 01 que partiría desde la subestación Miraflores hasta el inicio del ramal de alimentación para APM ubicada en la avenida 15 y calle 3, se desarrollará con un conductor calibre 4/0, se necesitaría 2.15 km de conductor ACSR por fase más 0.245 km por fase de un conductor calibre 2/0 de tipo ACSR, siete retenidas, 38 postes de 14m, 31 estructuras 3CP, seis tensores simples y tres dobles, con aislador tipo pin clase ANSI 55-6 y suspensión clase ANSI 52-1, un reconectador y todo el material de herrajería necesario.

Estas modificaciones que se pueden realizar, deberán estar basadas en las regulaciones y normativas técnicas para la construcción y/o ampliación de las redes eléctricas, que estarán bajo la responsabilidad del solicitante y deberá cumplir los requisitos para nuevos clientes según las regulaciones del ARCONEL 004-15 y 005-17.

A continuación se presenta una toma de google mapas donde se puede apreciar el recorrido del alimentador proyectado desde la S/E Miraflores hasta la calle 15 y ave 3.

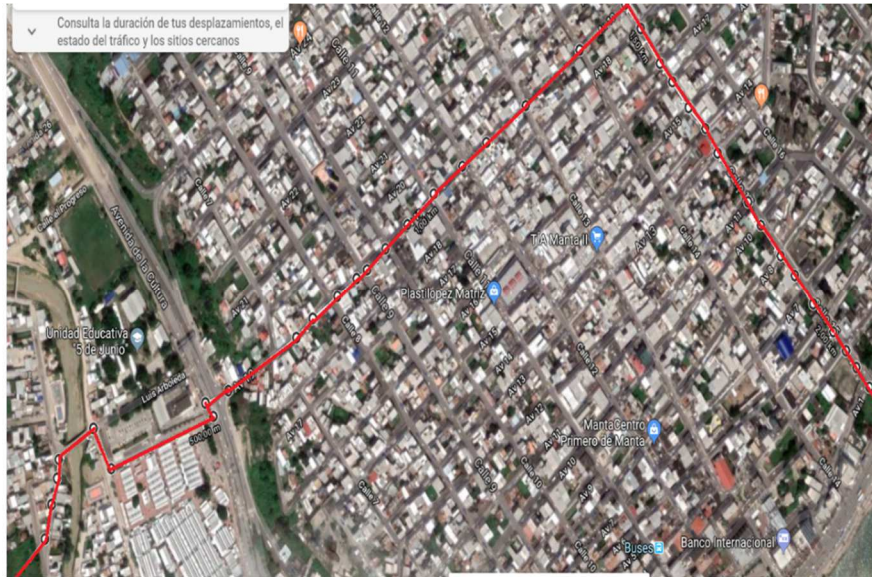


Figura 28. Ruta del alimentador para APM.
Fuente: el autor.

4.2 Tramo del ramal desde la calle 15 y ave. 3 hasta el borde del patio 300.

Desde la calle 15 y ave 3, punto desde donde se inicia el ramal de alimentación para APM hasta el borde exterior del patio 300, ubicado en las coordenadas $X=0^{\circ}56'33.6\text{ S}$ $Y = 80^{\circ}43'31.7\text{ W}$, tiene una distancia de 245 m. El calibre del conductor será # 2/0 ASCR de tipo aéreo, se utilizará seis postes, tres retenidas, aisladores tipo pin clase 55-6 y suspensión clase ANSI 52-1, cuatro tensores dobles y uno simple, además del material de herrajería respectivo.

La siguiente figura indica la ruta del tendido de este tamo que es aéreo.



Figura 29. Tramo desde la calle 15 ave 3 hacia APM.
Fuente: el autor.

4.3 Tramo desde el borde del patio 300 hasta la cabecera de los muelles.

La construcción para este tramo sería soterrado a 13,8KV, con una longitud aproximada de 1.46 Km, el conductor a utilizar es de tipo 2/0 AWG, apantallado, que iría desde el borde exterior del patio 300 hasta la cabecera de los muelles.

En el gráfico que se expone a continuación, se puede apreciar el recorrido que tendrá este tramo soterrado.



Figura 30. Tramo soterrado desde el borde del patio 300 hasta la cabecera de los muelles.
Fuente: el autor.

4.3.1 Cálculo del calibre de conductor a utilizar.

Para la determinación de la sección del conductor utilizaremos la siguiente formula:

$$I_{3\phi} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot VLL \cdot \cos\phi}$$

Donde

$$I_{3\phi} = \frac{3000Kw}{\sqrt{3} \cdot 13.8 \cdot 0.92} = 136.42 \text{ A}$$

El conductor para media tensión que es de 13.8 KV, será 2/0 AWG, tipo apantallado.

En la figura # 30 que muestra el recorrido que tendrá el tramo soterrado que aproximadamente es 1.46km.

4.3.2 Construcción y características de los ductos.

De acuerdo al manual de construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas para esta sección, el soterramiento se lo realizará en una zanja de 0.5 m de ancho y una profundidad de 0,8m, la cual dependerá del nivel freático de la zona. la longitud que tendrá la zanja será de 1.46km, se construirán 37 pozos tipo b a cada 40 metros respectivamente.

La siguiente figura muestra la forma de la construcción de estos ductos.

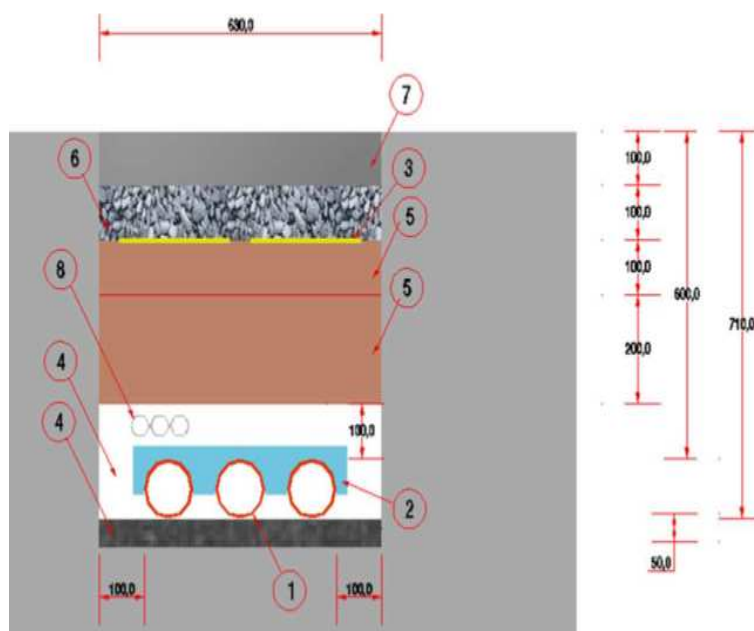


Figura 31. Banco de ductos en acera con configuración 1x2 de 110 mm.
Fuente: www.energia.gob.ec.

A continuación se puede observar las descripciones que obedecen a lo siguiente:

1. Tubo PVC pared estructurada interior lisa y exterior corrugada de 110 mm.
2. Separador de tubería PVC 1 Fila x 4 columnas ancho 640 mm x 90 mm de alto.
3. Cinta de señalización ancho 250 mm x 0,175 mm de espesor.
4. m3 Arena.

5. m³ Material de relleno.
6. m³ Ripio.
7. m³ Hormigón de 140 Kg/cm².
8. Tubo de polietileno Triducto de 40mm.

Los sistemas de soterramiento de líneas en medio tensión tienen ventajas y desventajas, como las que se detallan a continuación:

Ventajas:

1. Relativamente fácil el remplazo de cables y el cambio de calibre.
2. Mecánica y ambientalmente superior que el de enterrado directo.
3. Suministra protección al cable contra excavaciones posteriores.
4. Previsión para el incremento de la demanda futura.
5. Alta confiabilidad.

Desventajas:

1. Mayor costo inicial.
2. Menor capacidad de corriente.
3. No puede ser empalmado, secciones enteras deben ser remplazadas.

Tipo de ducto: Según la Norma NTE INEN 2227 y NTE INEN 1869, deberán instalarse tubos PVC de pared estructurada e interior liso tipo B para red de MT, con un diámetro de 110 mm.

4.4 Pozos de revisión.

Se utilizarán pozos cuando existan cambios de dirección o si el tendido es rectilíneo, cada 30 m de distancia. Los pozos serán contruidos con paredes de hormigón armado de 210 Kg/cm² (en calzada) o de mampostería de ladrillo o bloque de hormigón pesado en acera. El espesor de la pared será como mínimo de 12 cm. Por otra parte los pozos tendrán unas dimensiones de 0,9 m de profundidad por 0.9m de ancho por 0.9m de largo, en su totalidad se construirían 35 pozos de revisión tipo B, donde se alojarán tres ductos de 110 mm (uno para cada conductor), cuya longitud dependerá de la disponibilidad en el mercado.

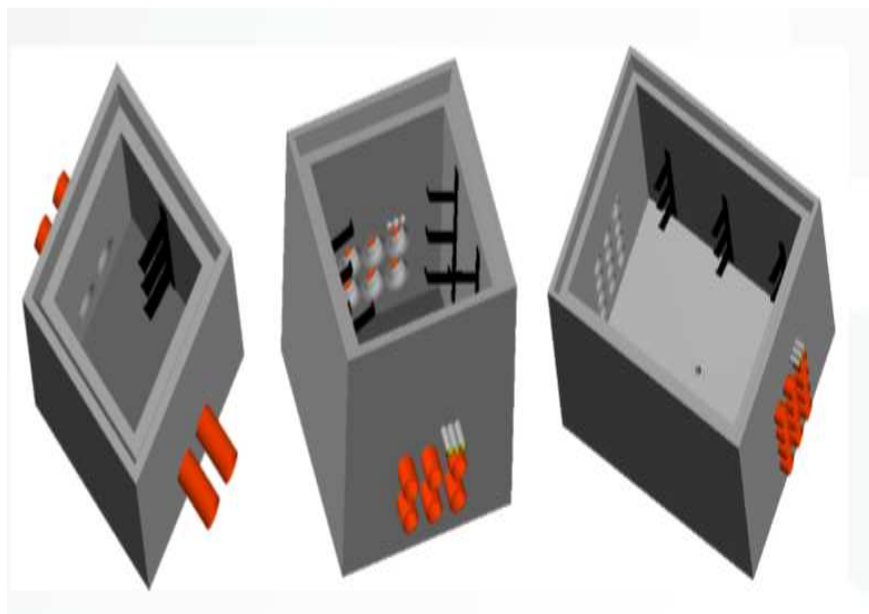


Figura 32. Tipo de pozos a utilizar.
Fuente: www.energia.gob.ec.

4.4.1 Soportes para los conductores eléctricos.

1. Los cables dentro de los pozos deben quedar fácilmente accesibles y soportados de forma que no sufran daño debido a su propio peso, curvaturas o movimientos durante su operación. Para ello, los pozos dispondrán de soportes de acero galvanizado o fibra de vidrio para sujetar y ordenar los conductores dentro de éste.
2. Los soportes de los cables deben estar diseñados para resistir el peso de los propios cables y de cargas dinámicas; mantenerlos separados en claros específicos y ser adecuados al medio ambiente.
3. Los cables deben quedar soportados cuando menos 10 cm arriba del piso para estar adecuadamente protegidos.
4. La ubicación de los soportes debe permitir el movimiento del cable sin que exista concentración de esfuerzos destructivos.



Figura 33. Soportes para conductores.
Fuente: www.energia.gob.ec

4.5 Seccionadores en MT para un nivel de tensión de 13.8kv.

Los seccionadores son dispositivos que cumplen con la función de apertura y cierre de un circuito con y sin carga, de acuerdo a su aplicación uso o requerimiento existen seccionadores de tipo mono polar y tripolar, en este estudio se utilizará seccionadores de cuchillas giratorias tripolares para instalación en interior y tensión de servicio de hasta 13.8kv, y de acuerdo a la ARCONEL se deben considerar unos criterios fundamentales para su construcción: En cámaras Subterráneas deberá utilizarse equipos de seccionamiento y protección tipo sumergible como: módulos pre moldeados (conectores tipo codo, tipo “T” o codo porta fusible), barrajes desconectables e interruptores de MV aislados en SF6 y en Cámaras a nivel deberá utilizarse equipos de seccionamiento y protección como: celdas de MV, módulos pre moldeados (conectores tipo codo, tipo “T” o codo porta fusible), barrajes desconectables y tableros de distribución de BV.

A continuación veremos un modelo de un seccionador de cuchillas giratoria a 13.8kv.



Figura 34. Seccionadores de cuchillas giratorias.
Fuente: www.frlp.utn.edu.ar.

CAPITULO V

5 CONSTRUCCIÓN DE LA CABINA DE TRANSFORMACIÓN Y LINEAS DE PODER PARA LAS TOMAS, NIVEL DE TENSION EN EL PRIMARIO DE 13.8KV A 440 V EN EL SECUNDARIO.

5.1 Construcción de la cabina.

La construcción de esta cabina de transformación estará ubicada en el interior de la autoridad portuaria en la cabecera de los muelles (entre los muelles internacionales 1 y 2), precisamente donde estaba ubicado el edificio de operaciones portuarias, con un área de 80 metros cuadrados y una altura de 3 metros.

En el interior de la cabina de transformación para los dos muelles se colocará dos celdas de carga, dos transformadores, 2 tableros de fuerza, los equipos de medición para llevar registro de lo que consume cada toma. Debajo de esta estructura se construirá una malla de puesta a tierra, con un conductor de cobre desnudo calibre 500kcm expresado en la siguiente formula y verificado

en la figura 36. El área de esta malla será de 20 metros cuadrados con una separación entre nodos de un metro, partiendo de ahí se construirán 3 bancos de ductos en acera con configuración 3x4 de 110 mm con medidas de 1.80 m de alto por 80 cm de ancho con sus respectivas canalizaciones, hasta la cabecera de los muelles, donde los ductos serán tubos PVC de pared estructurada interior lisa y exterior corrugada.

Desde las cabeceras de los muelles hasta los puntos donde se ubicarán las tomas de poder para las buques, se realizará el tendido eléctrico con un conductor #1.000 MCM por fase más el conductor para la conexión de tierra (indicado en la figura 36). Este tendido se lo realiza para las 8 tomas de poder y así podrán abastecer de energía eléctrica a los buques que llegan a atracar para realizar sus operaciones.

Fórmula para determinar el conductor de la maya a tierra.

Ac = Sección del conductor (CM).

I = Corriente máxima de falla (A).

Tm = Temperatura máxima en los nodos de la malla (450°C con soldadura y 250°C con amarre pernado).

Ta = Temperatura ambiente (°C).

t = Tiempo máximo de despeje de la falla (sg). Sin embargo, la sección mínima recomendable es 2/0 AWG para la malla y 5/8" para las varillas, estos valores mínimos están de acuerdo con prácticas internacionales (ASDRÚBAL JOHN, 2003.)

$$AC = I \times \left(\frac{33 \times t}{\log \left(\frac{TM - TA}{234 + TA} \right) + 1} \right)^{1/2} \quad AC = 800 \left(\frac{33 \times 1}{\log \left(\frac{450 - 35}{234 + 35} \right) + 1} \right)^{1/2}$$

$$AC = 4,21 \text{ KCM}$$

5.2 Diseño del cuarto de transformación.

Para el diseño de un cuarto de transformación o cabina de transformación tenemos unos parámetros y especificaciones técnicas que debemos considerar y que se irán señalando a continuación.

5.2.1 Especificaciones técnicas generales para obras civiles de las cámaras eléctricas:

1. La cámara estará diseñada para uso exclusivo de la energía eléctrica.
2. Será construida previa verificación de las especificaciones técnicas de los equipos a instalar.
3. Se construirá en el sitio más idóneo desde el punto de vista eléctrico y considerando las estructuras existentes en el lugar, ejecutando las obras civiles para la cimentación, instalaciones eléctricas, seguridad y el equipamiento completo indicado en estas especificaciones.
4. Las cámaras cumplirán las especificaciones que se detallan más adelante, debiéndose entender éstas como características mínimas, pudiendo la empresa distribuidora sugerir especificaciones similares o que superen las mismas de acuerdo a su necesidad.
5. La cámara será resistente a esfuerzos externos, ventilada adecuadamente, resistente a cualquier medio ambiente, resistente al fuego, impermeable, con los acabados adecuados.
6. Se dispondrá de un acceso libre desde la vía pública para el personal de la empresa distribuidora.

5.2.2 Dimensiones de las cámaras.

Las dimensiones interiores de las cámaras dependerán directamente de la potencia, número de transformadores y de las medidas de los equipos a instalarse, pudiendo variar sus medidas en función de las distancias mínimas de seguridad para evitar accidentes de las personas que trabajen dentro de ésta.

Las dimensiones interiores mínimas de las cámaras de las empresas distribuidoras y particulares con celdas o interruptores de M.T. de tres vías y tablero de distribución de B.T. para potencias de 250 hasta 800 kva, se dan en el cuadro que sigue, en función del número de transformadores y del voltaje

nominal que alimenta a la cámara. Para la construcción de nuestra cabina de transformación, se partirá en base a los datos que tenemos en la siguiente tabla.

Tabla 13. Datos para la construcción de la cabina de transformación.

Numero de transformadores	Voltaje nominal de la línea de distribución en Medio Voltaje	Dimensiones mínimas (cm)		
		A	B	H
1	< 24 kV	420	540	300
2	< 24 kV	420	600	300

Fuente: Equipos, maniobras y protección de sobre corrientes.

Ninguna cámara podrá ser inferior a estas medidas:

A (ancho) = 220 cm (Transformador Monofásico)

A (ancho) = 370 cm (Transformador Trifásico)

B (largo) = 300 cm

H (alto) = 300 cm

5.3 Celdas de carga.

En general se entenderá como Celdas de Media Tensión al conjunto continuo de secciones verticales (Celdas) en las cuales se ubican equipos de maniobra (interruptores de potencia extraíbles, seccionadores , etc.).

El tipo de celda a utilizar será aquella con seccionadores en aire para entrada – salida y serán instaladas en centros de distribución de un nivel dos para 11,4kV y 13,8kV de circuitos subterráneos. Estas también se utilizan en locales dentro de edificios, conjuntos multifamiliares o en general donde la conformación urbanística, la instalación de este tipo de celda deba estar de acuerdo con las condiciones generales del sistema siguientes:

1. Tensión Nominal: 11.4 KV, 13.8 KV.
2. Tipo de Conexión: Trifásica (trifilar).
3. Frecuencia: 60 Hz.

5.3.1 Tipo de celda de carga.

El tipo de celda de carga a utilizar para nuestro proyecto será de tipo Dúplex, la cual es apta para la instalación de dos seccionadores tripolares bajo carga y con comando lateral derecho, además esta celda está conformada por:

1. Dos seccionadores bajo carga de 17.5KV - 630A, unidos entre si y derivación central en la unión, el cual debe cumplir con las normas NTC 2131 e IEC 265-1.
2. Dos comandos manuales completos de los seccionadores bajo carga.
3. Ventana de inspección en vidrio templado de 5 mm de espesor.
4. Tapa de acceso y compartimiento para la iluminación interior.
5. Señales preventivas y placa de identificación del fabricante de la celda.

Tabla 14. Dimensiones de la celda de carga.

Dimensiones	Mínimo(mm)	Máximo(mm)
1. Altura	1800	2000
2. Ancho	1100	
3. profundidad	1200	

Fuente: Equipos maniobras protección sobre corriente.

5.4 Selección del tipo de transformador.

Para la selección del transformador y el dimensionamiento se consideraron variantes como: el ambiente, ubicación, demanda de las ocho tomas de poder y ciertas condiciones donde se podrían optar dos opciones fundamentales para la selección de o los transformadores:

1. Que la empresa distribuidora puede tener a mano un transformador de las características requeridas por el cliente.
2. Utilizar dos transformadores que sumadas sus potencias sean iguales a el primer criterio, lo cual sería una opción muy buena porque

utilizaríamos un transformador para cada uno de los muelle en si un transformador por cada 4 tomas de poder.

El tipo de transformador que utilicemos será del tipo *padmounted* con un nivel voltaje en el primario de 13.8kV a 440V, con una capacidad (potencia) de 3000kva (3Mva).



Figura 35. Transformador reductor.
Fuente: www.transformadoresvictory.com.mx.

5.4.1 Características del transformador.

El uso de estos transformadores es principalmente para sistemas de distribución subterránea, para uso a intemperie, con gabinete a prueba de vandalismo, cuyo diseño es muy seguro y todas sus partes están resguardadas dentro del gabinete y su instalación puede realizarse en lugares públicos, por lo que se los puede considerar como una pequeña subestación. La conexión usada en estos transformadores es Delta–Estrella y Estrella-Estrella.

En la tabla 15 lustra los detalles de los transformadores tipo pedestal de operación radial.

Tabla 15. Dimensiones del transformador.

Transformadores trifásico tipo pedestales operación radial					
Capacidad [kVA]	frente F [mm]	fondo [mm]	alto [mm]	aceite [l]	Masa [kg]
30	860	970*	1095	210	705
45				207	715
75	890	1030*	1170	260	920
112.5				255	188
150	1050	1134*	1460	430	1295
225		1365		340	1375
300	1230	1745	1550	605	2050
500				655	2358
750	1270	2018	1735	840	3066
1000				1005	3600
1500	1550	1975	1990	1355	4505
2000				1565	5395

Fuente: www.transformadoresvictory.com.mx.

5.5 Selección de los conductores, baja tensión.

La selección del conductor que va a ser utilizado para alimentar las tomas de poder será de un calibre 1000kcmil. Este conductor se adaptó acorde a la demanda eléctrica a full carga de un buque de 1400 toneladas de registro bruto (TRB), como dato complementario el resultado de este estudio nos dio a conocer que la mayoría de los buques que atracan a los muelles internacionales para posteriormente realizar sus descargas son de esas capacidades e inferiores a las mismas. Por ende, es una buena base para partir desde ahí, pues dicho estudio no se consideró para buques de mayor eslora (capacidad) como son los graneleros, cruceros, carreros, etc. Por lo que las potencias de éstos son muy elevadas.



Calibre	Construcción	Espesor de aislamiento		Diámetro exterior		Masa total		Capacidad de corriente	
	Nº de hilos								
AWG / kcmil	Nº	mm	mils	mm	in	kg/km	lb/kft	A*	A**
8	7	1,14	45	5,98	0,235	97,4	65,5	55	80
6	7	1,14	45	6,89	0,271	146	98,3	75	105
4	7	1,14	45	8,09	0,318	224	150	95	140
2	7	1,14	45	9,56	0,376	344	231	130	190
1	19***	1,40	55	10,9	0,429	432	290	150	220
1/0	19***	1,40	55	11,9	0,469	539	362	170	260
2/0	19***	1,40	55	13,0	0,511	672	452	195	300
3/0	19***	1,40	55	14,2	0,556	838	563	225	350
4/0	19***	1,40	55	15,6	0,614	1048	704	260	405
250	37	1,65	65	17,6	0,693	1249	840	290	455
300	37	1,65	65	19,0	0,748	1489	1000	320	505
350	37	1,65	65	20,2	0,796	1729	1161	350	570
400	37	1,65	65	21,4	0,843	1966	1321	380	615
500	37	1,65	65	23,5	0,925	2442	1641	430	700
600	61	2,03	80	26,2	1,03	2758	1853	475	780
750	61	2,03	80	29,6	1,16	3668	2465	535	885
1000	61	2,03	80	32,5	1,28	4854	3262	615	1055

Figura 36. Conductor Xhhw-2.
Fuente: www.procables.com.co

Dicho conductor apreciado en la figura anterior es el apropiado, además abarca la demanda total expresada en la tabla # 11 para uso en ductos o canalizaciones, para circuitos, alimentadores y ramales, así como también en circuitos de fuerza y distribución en lugares secos y mojados y de acuerdo a su construcción es de cobre blando, aislado con xlpe-fr-sr.

Fórmula para determinar los conductores para las tomas de poder se determinó mediante la sumatoria de corrientes expresadas en la tabla 9 y 10.

Dónde: $\Sigma I = I_1 + I_2$

$$526.93 + 263.58 = 793.40 \text{ A}$$

La figura 36 muestra a detalle que el conductor 1000kcm soporta la corriente determinada mediante la sumatoria de corrientes.

Características del conductor.

1. Tensión máxima de operación de 600v.
2. Temperatura máxima de operación de 90 grados centígrados en sitios secos y mojados
3. Resistencia a la humedad, calor, abrasión, a elementos químicos, ácidos y aceites.
4. Retardante a la llama.

5.6 Tomas de baja tensión.

Las tomas de poder hembras y machos tienen que estar homologadas para que al momento de su conexión no haya ningún tipo de retraso, los toma del tipo hembra van a estar incorporadas/fijas en el tablero de manera mono polar y no de la manera convencional donde estaría incorporadas todas las líneas en una misma clavija, esto podrían ocasionar un cruce entre las líneas y cambiaría el giro en las maquinas rotatorias además al ser usadas de manera mono polar y basándonos a el código de colores que está en la figura 37 evitaríamos este cambio de giro.

características esenciales son las que están representadas en la siguiente tabla.

Tabla 16. Características generales de la toma unipolar.

Intensidad nominal 700 A	Tensión máxima AC 1000 V	Circuito piloto pre cableado 10 A/250 V
Intensidad de corto- circuito Icc 20 kA durante 250 ms	Número de maniobras 2000 Protección tapa cerrada IP66	Resistencia a los golpes

Fuente: Conectores unipolares.

Este tipo de toma homopolar tiene la más alta seguridad, además cuenta con un sistema electromecánico de enclavamiento con circuito de pilotaje de contacto. La conexión de este tipo de clavija es muy sencilla por lo cual no cuenta con conexión orientada en la inserción, cuenta también con una sencilla codificación mecánica entre fases, neutro, tierra además una codificación visual por colores normalizados, que posteriormente se verán reflejados en las ilustraciones .

Tipo	USA
L1	Negro
L2	Rojo
L3	Azul
Neutro	Blanco
Tierra	Verde
Positivo	Rojo
Negativo	Negro

Figura 37. Código de colores para determinar las características de las tomas.
Fuente: Conectores unipolares.

Sus terminales a engastar se pueden reemplazar con facilidad en caso de deterioro del cable, gracias a la tecnología de contacto en punta. El conector unipolar SP admite una corriente permanente de 700 A /1 000 V AC o 1500 VDC.



Figura 38. Conector unipolar de potencia.
Fuente: Conectores unipolares.

Las características del conector unipolar son las siguientes:

La Intensidad permanente que circule por el conductor tiene que ser admisible en función del calibre a utilizar y a una temperatura ambiente de 30 °C no habrá ninguna variante con respecto a la curva de corriente. Además su curva de intensidad se mantiene permanente y no intermitente después de 2000 maniobras en función de la sección de cable. Su curva de intensidad máxima recomendada por los fabricantes de cable para mantener una Temperatura en el alma del conductor de < 85 °C. (conectores unipolares)

La siguiente figura muestra su curva de corriente.

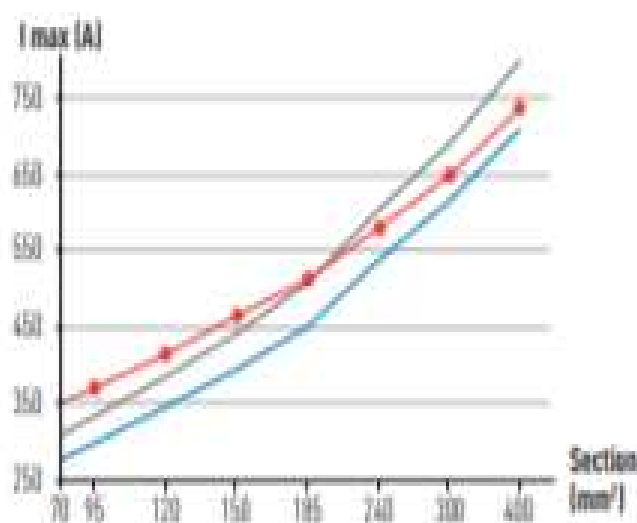


Figura 39. Codificación mecánica entre fases.
Fuente: Conectores unipolares.

5.7 Tendido de los conductores.

El tendido de los conductores eléctricos para las tomas de poder en los muelles internacionales 1 y 2 de la APM, según estudios realizados en base a construcciones de estructuras en ambientes salinos, no se recomienda instalar ningún tipo de estructura metalizada que esté expuesta a este tipo de ambiente tan abrasivo, además de las consideraciones tales como el mantenimiento y su construcción que serían muy costosas.

Este modelo de tomas de poder para los buques fue minuciosamente analizado para proyectarse en los muelles internacionales 1 y 2. Pero en base a esta nueva proyección, se construirán dos muelles más ubicados en la zona que se

conoce como marginal lo cual los buques que atracaban allí serán destinados para trasladar las actividades que se realizaban en los muelles internacionales y así dar un mejor servicio portuario que se dividirá en la parte turística(TPM) y comercial (APM).

La siguiente figura # 40 muestra el recorrido y los puntos donde irían situadas las tomas de poder para los buques que acoderan los muelles internacionales.

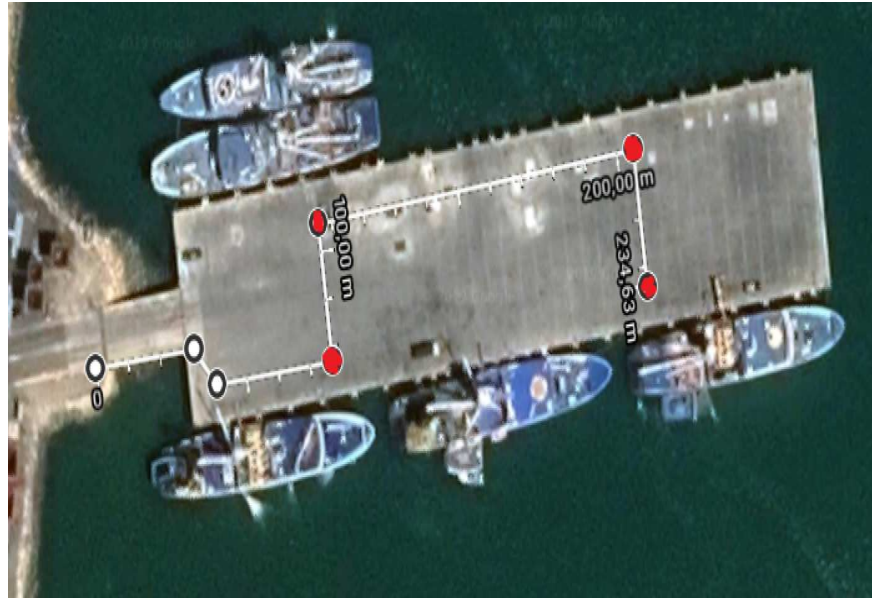


Figura 40. Longitud de la zanja para las tomas.
Fuente: el autor.

5.8 Sistema de puesta a tierra.

El estudio de resistividad del suelo se ejecutará en donde estaba ubicado el edificio de operaciones portuarias en el interior de la APM. Este estudio se realizará con el fin de conocer las condiciones del suelo, si cumplen o no con una buena conductividad eléctrica. El equipo de medición con el cual se realizará el estudio se llama telurómetro, existen dos métodos conocidos y aplicables para saber la resistividad del suelo los métodos son el de Wenner y el de Schlumberger. Aplicando uno de los dos métodos el suelo tiene que tener una resistividad óhmica de 5Ω o menor para que el suelo pueda tener una conductividad apropiada en caso de una falla eléctrica y se pueda disipar de la manera más rápida posible sin que sufran ningún tipo de fallas los apartamentos, en caso de que la resistencia del suelo sea mayor a lo nombrado anteriormente se recomienda un mejoramiento del suelo para obtener el valor deseado o lo más cerca posible de lo que se menciona anteriormente.

El método Wenner es el más utilizado actualmente, dado a que el método Schlumberger es una modificación del anterior método, a continuación veremos en la figura 41, la aplicación de este método.

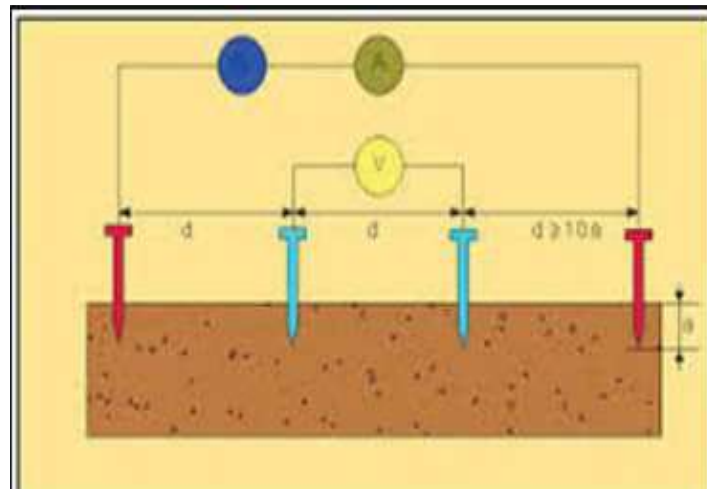


Figura 41. Aplicación del telurómetro.
Fuente: www.ruelsa.com

La fórmula que veremos a continuación nos detalla las variables que se necesitan para determinar la resistividad del suelo.

$$\rho := \frac{4 \cdot \pi \cdot A \cdot R}{\left[1 + \frac{2 \cdot A}{(A^2 + 4 \cdot B^2)^{0.5}} \right] - \frac{2 \cdot A}{(4 \cdot A^2 + 4 \cdot B^2)^{0.5}}}$$

Donde

ρ : Resistividad promedio a la profundidad (A) en ohm-m

A : Distancia entre electrodos en metros.

B : Profundidad de enterrado de los electrodos en metros

R : Lectura del telurómetro en ohms.

Ejemplo aplicativo

Si la distancia enterrada (B) es pequeña comparada con la distancia de separación entre electrodos (A). O sea $A > 20B$, la siguiente fórmula simplificada se puede aplicar: Si la distancia enterrada (B) es pequeña comparada con la distancia de separación entre electrodos (A). O sea $A > 20B$, la siguiente fórmula simplificada se puede aplicar:

$$\rho := 2 \cdot \pi \cdot A \cdot R$$

CAPÍTULO VI

6 TABLEROS DE ALIMENTACION ELECTRICA Y SISTEMA DE MEDICION.

6.1 Construcción de los tableros.

Para la construcción de estos tableros se tomarán en consideración las características tales como: las dimensiones de los breakers, las tomas unipolares, equipos de medición, el lugar en el que va a estar ubicado el tablero (intemperie-ambiente salino). Hay que considerar el nivel de hermeticidad de los tableros y el material del cual va a estar construido.

6.1.1 Selección de los materiales para la construcción del tablero

- ❖ Tablero de acero inoxidable de 80x60x20 con capas de pintura anticorrosiva.
- ❖ 0.75 metros de cable de cobre de 1000kcmil.(del breakers hacia las tomas hembras, 3 pedazos + 0.75 metros de cable de cobre # 2/0 para la tierra).
- ❖ 4 Tomas unipolares, 3 fases + 1 tierra a 700 A /1 000 VAC (tipo hembra).
- ❖ Breakers trifásico regulable 600-800 amperios para caja moldeada.
- ❖ Transformadores de corriente (tc) 5-20 MA.
- ❖ contador de energía eléctrica trifásico / para montaje sobre panel / rs-485 / digital.

6.1.2 Selección de la capacidad de los breakers.

El breakers a seleccionar para este tipo de carga deben de cumplir con las dimensiones y características siguientes: como su carga a disipar, tiempo de reacción, etc. Estas características obedecen a un breakers tipo trifásico para caja moldeada, tipo regulable para una capacidad de 600 a 800 A, capacidad que se ha determinado mediante el análisis de la demanda planteada, esto es:

Fórmula para determinar la capacidad del breakers.

$$I_{3\phi} = P / \sqrt{3} \cdot V_{LL} \cdot \cos\phi$$

$$\text{Donde: } I_{3\phi} = \frac{298.64 \text{ Kw}}{\sqrt{3} \cdot 440 \cdot 0.80} = 490 \text{ A.}$$

$$I_{1\phi} = P / V_{LL} \cdot \cos\phi$$

$$\text{Donde: } I_{1\phi} = \frac{41.54 \text{ Kw}}{220 \cdot 0.80} = 236 \text{ A.}$$

Sumatoria de corrientes totales = $I_{1+I2}=490 + 236 = 726 \text{ A}$.

Las características de los breakers son las que se detallan en la siguiente figura:

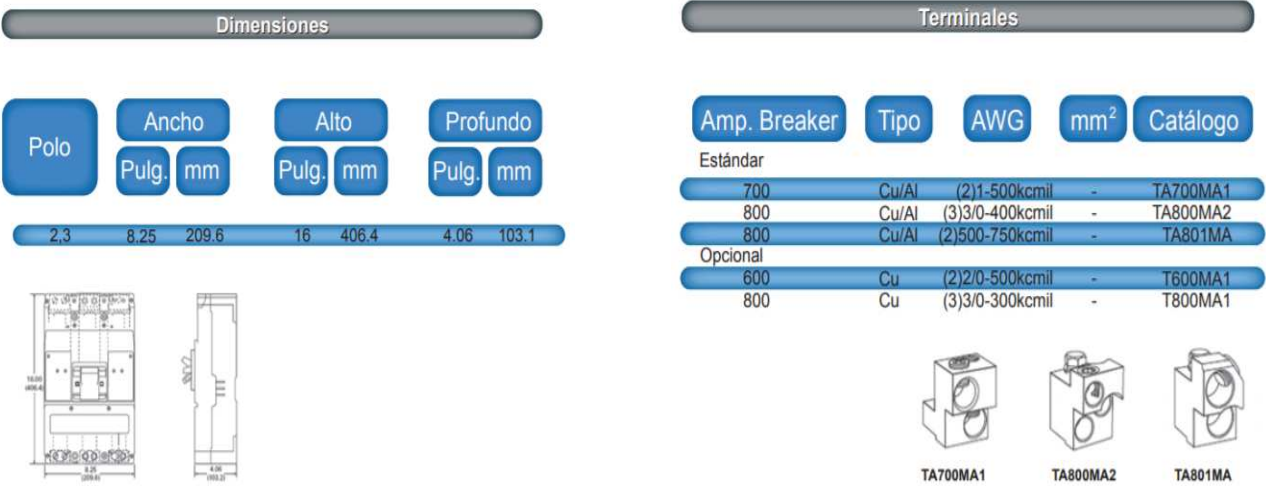


Figura 42. Dimensiones del breakers y sus terminales.

Fuente: www.singecr.com/wp-content/uploads/2015/02/Interruptores-Caja-Moldeada.pdf.

6.1.3 Cabinas para el montaje de los breakers y de equipos de medición.

El equipo de medición estará incorporada en la cabina principal y sus dimensiones finales serian:



Figura 43. Contador de energía eléctrica trifásico / para montaje sobre panel / rs-485 / digital.

Fuente: www.directindustry.es/prod/satec/product-58438-380019.html

6.1.3.1 Características del medidor.

- ❖ Tipo: trifásico
- ❖ Montaje: para montaje sobre panel
- ❖ Otras características:
RS-485, digital, 50 Hz, Modbus, salida de impulsos, multifunción, programable, 60 Hz, con comunicación integrada, inteligente, con registrador de datos.
- ❖ Corriente: 10A, Mín.: 0 A.
- ❖ Tensión: Máx.: 690 V, 400 V, 690 V, Mín.: 0 V.

6.1.3.2 Descripción

Medidor avanzado de energía y de ingresos con registro de eventos y datos

El PM172E es un instrumento de monitoreo de alimentador de alto rendimiento que incluye mediciones de clase de ingresos y capacidad de registro. Con más de 100 mediciones eléctricas y capacidad de registro de memoria a largo plazo, esta serie es un enfoque económico para la automatización de la distribución para empresas de servicios públicos.

La medición de clase de ingresos y la función TOU incorporada proporcionan una sólida base para aplicaciones de submedición comerciales e industriales. El registro de eventos y datos basado en puntos de ajuste programables es una característica diferenciadora de la serie PM172. La serie PM172 incluye una selección de plataformas de comunicación incorporadas, como módem, Ethernet, Profibus DP y comunicación serie. (CONTADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA TRIFÁSICO / PARA MONTAJE SOBRE PANEL / RS-485 / DIGITAL)

6.1.3.3 Medidor multifuncional de potencia trifásica.

- ❖ Parámetros como la tensión, corriente (incluida la corriente neutra), potencia, energía, factor de potencia, frecuencia, desequilibrio tensión/corriente, perfil de carga, entre otros, se registran en este tipo de medidores. Además también se puede registrar:

- **El registro multitarifa.**

- ❖ Precisión de clase 0.2S, conforme a las especificaciones ANSI e IEC.
- ❖ Tarifas incorporadas de tiempo de uso (TOU) para cumplir con los requisitos de facturación.
- ❖ Opción de sellado

- **El tiempo real.**

- ❖ Funciones de reloj y calendario incorporadas con batería de reserva.
- ❖ Sincronización de tiempo a través de puerto de comunicación o entrada digital.
- ❖ Parámetros de registro con sellos en tiempo real.

- **Registro de eventos/de datos.**

- ❖ Capacidad de registro de más de 100 parámetros.

- **Funciones de alarma y control.**

- ❖ 16 puntos de ajuste programables.
- ❖ Salidas de relé programables 3A, 250V.
- ❖ 2 entradas digitales.
- ❖ 2 entradas o salidas analógicas opcionales

- **Comunicación.**

- ❖ 2 puertos de comunicación independientes
(RS232, RS422, RS485, módem, Ethernet, Profibus DP)
- ❖ Protocolos: Modbus RTU, ASCII, DNP 3.0

- **Aislamiento.**

Aislamiento galvánico total 6 kV Impulso.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

1. Mediante el análisis realizado, se puede concluir en primer lugar, que este tipo de instalaciones serían de gran ayuda para evitar la contaminación ambiental en los puertos y perturbaciones al personal que trabaja cerca de los grupos electrógenos. Además, la implementación de este tipo de tecnología nos pondrá a la par de grandes potencias mundiales en eficiencia energética.
2. Este análisis se realizó en el puerto internacional de Manta-Ecuador, con el fin de poder brindar un mejor servicio e integrar un tipo nuevo de tecnologías al puerto de una manera más segura, eficaz y eficiente; porque en la actualidad, el incremento de buques que atracan en el puerto tanto nacionales como internacionales para realizar sus actividades (carga y descargas de varios productos, etc.), ha aumentado en forma exponencial.
3. La implementación de este tipo de tecnologías tiene algunos nombres como: “cold ironing”, alimentación eléctrica en puerto, power shore, energía marítima alternativa (AMP) y suministro de electricidad en el amarre, onshore power supply (OPS), entre otros.
4. Con el fin de conocer si las actuales condiciones de los muelles y de toda la integridad de la misma Autoridad Portuaria están en las condiciones pertinentes para realizar este tipo de proyecto, se realizó un recorrido de todas las instalaciones, dando como resultado que el proyecto a realizarse daría un valor agregado a nuestro puerto, a la ciudad y al país.
5. Si contáramos con la implementación de este tipo de tecnologías, previamente se analizaría unos factores tales como: el espacio, condiciones de los muelles, tráfico marítimo, etc. Al estar atracado un buque y conectado a las tomas de poder, se reduciría la contaminación ambiental generada por la quema de combustibles no renovables (diésel), que consumen los grupos electrógenos.

6. Se lograría un menor consumo de combustible no renovable y menos emisiones de gases tóxicos que afectan al medio ambiente.

RECOMENDACIONES.

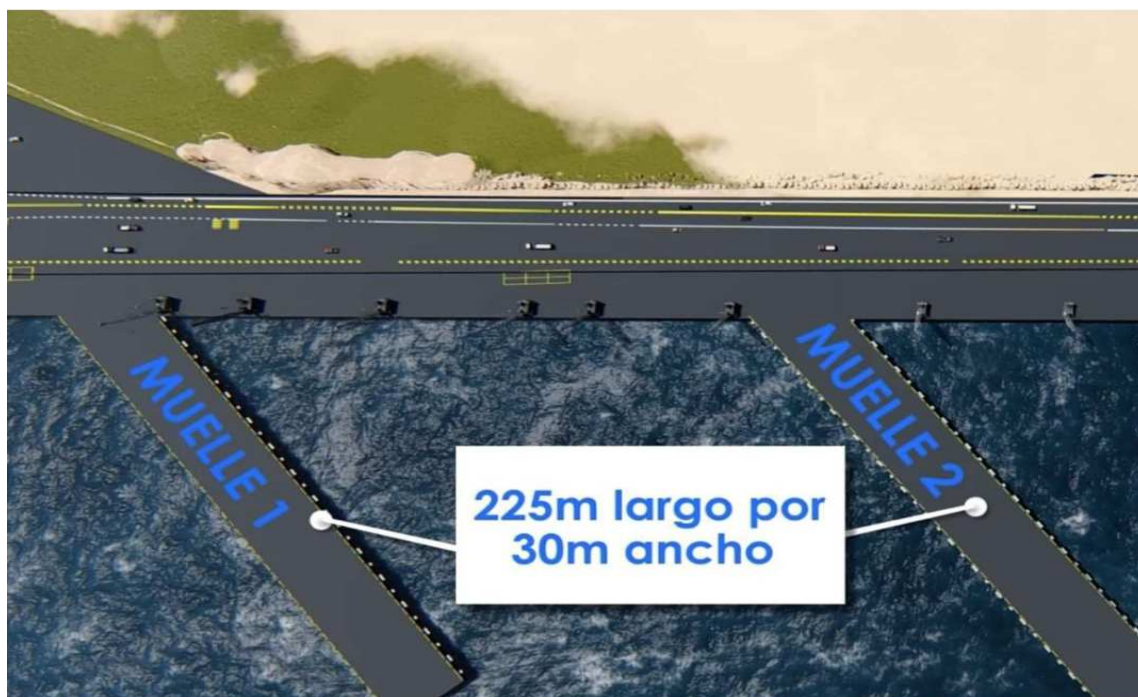
1. De acuerdo al estudio que se realizó en el sitio de la APM y por criterios proporcionados por técnicos de la misma entidad, es recomendable instalar este tipo de tecnologías como son las tomas de poder, para alimentar los buques que acoderan los muelles internacionales.
2. La realización de este tipo de trabajos ya han sido ejecutados en otras partes del mundo, en condiciones más abrasivas que las de nuestro país. Esto les dio un valor agregado al puerto que ejecutó este tipo de tecnologías.
3. El puerto internacional de Manta cuenta con el espacio necesario para la implementación de este tipo de tecnologías, que al ejecutarse de manera correcta estaríamos a la par de otros países desarrollados en eficiencia energética como: USA, Inglaterra, Países Bajos, etc. Estos países ya cuentan desde varios años con este tipo de tecnologías implementadas en sus puertos.
4. Se recomienda realizar este proyecto, lo cual ayudaría de manera más eficiente al país, nuestros muelles y a brindar otro servicio portuario, mucho más seguro y eficiente para sus armadores.
5. Se alargaría el periodo de vida de los grupos electrógenos, lo cual al estar atracados los buques en el puerto se apagarían dichas máquinas.

BIBLIOGRAFIA.

- (s.f.). Obtenido de www.canaryports.es/texto-diario/mostrar/1167668/comienzan-trabajos-suministro-electricidad-buques-puerto-gomera
- ASDRÚBAL JOHN, C. O. (22 de Octubre de 2003.). CALCULO DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA DE UNA SUBESTACIÓN. *Scientia et Technica, UTP. ISSN 0122-1701* , 38,39. Obtenido de <https://www.google.com/search?q=malla+a+tierra+calculo&oq=maya+a+tierra+&aqs=chrome.2.69i57j0l5.4549j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- Cano, Z. P. (2012-2013). *Electricidad en buques*. Obtenido de <file:///C:/Users/jorge%20luis/Desktop/electricidad.naval.patron123%20tesis.pdf>
- canary ports*. (16 de junio de 2019). Obtenido de www.canaryports.es/texto-diario/mostrar/1167668/comienzan-trabajos-suministro-electricidad-buques-puerto-gomera
- conectores unipolares . (s.f.). *marechal Electric*. Obtenido de <https://marechal.com/marechal/es/gamme/industriales/conectores-unipolares-38>
- Conexión eléctrica desde el muelle al buque. (2002). 57. Obtenido de https://library.e.abb.com/public/64cacf8d3e8dfb90c125789300521a2f/56-60%204m072a_SPA_72dpi.pdf
- CONTADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA TRIFÁSICO / PARA MONTAJE SOBRE PANEL / RS-485 / DIGITAL. (s.f.). *SATEC*. Obtenido de <http://www.directindustry.es/prod/satec/product-58438-380019.html>
- gsd. (2/12/2016). sistemas contra incendios para barcos.
- silvanya, f. (2016-2017). iluminacion eficiente . *silvanya*, 47.
- Sistemas de Refrigeración del Generador Eléctrico. (s.f.). *venta generadores electricos.es*. Obtenido de <https://www.ventageneradoreselectricos.es/generadores-electricos>

ANEXOS

Anexo 1. Dimensiones de los muelles que se construirán en la APM.



Anexo 2. Conexión eléctrica desde el puerto hacia los buques.



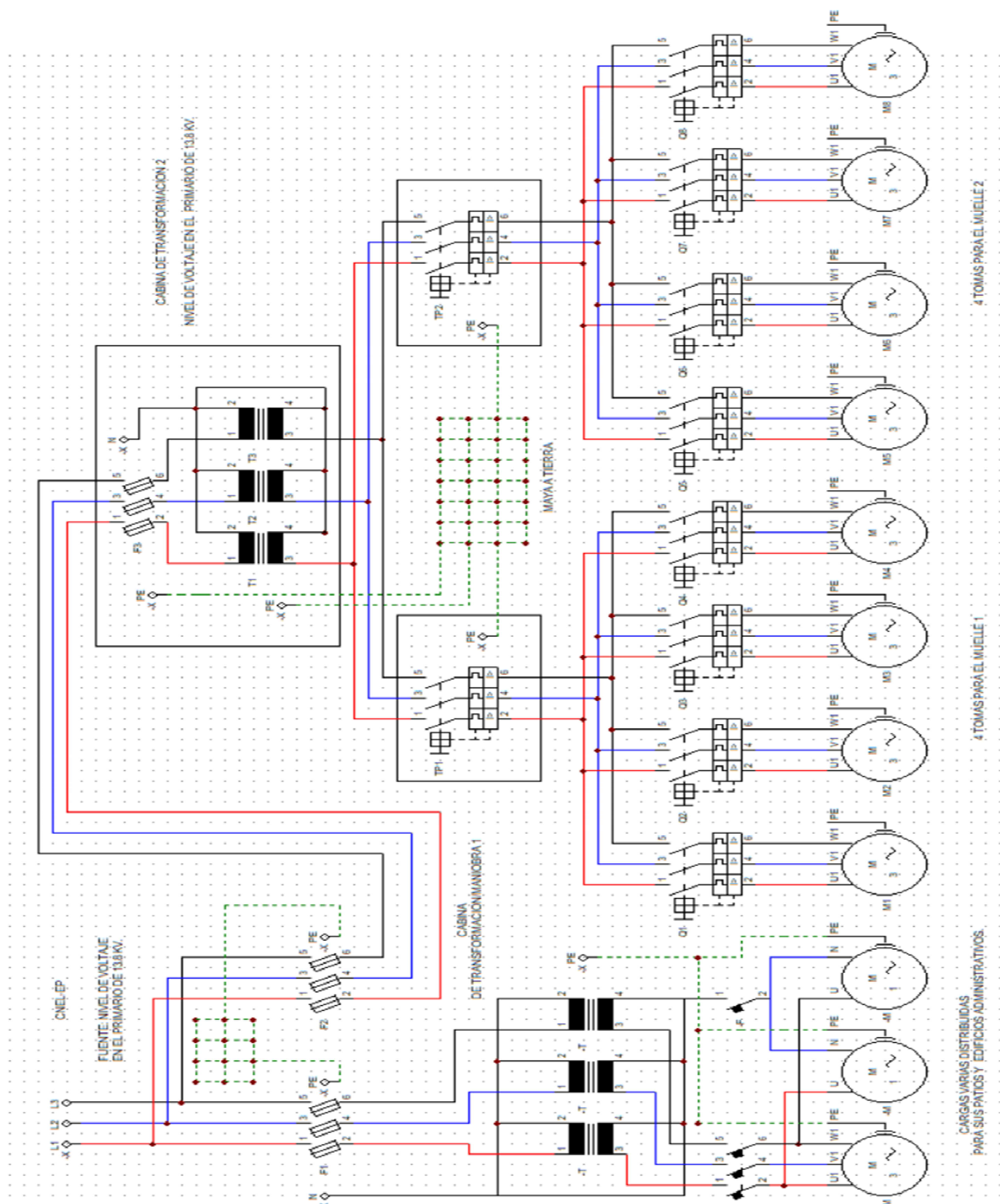
Anexo 3. Tomas de poder antes de su conexión al buque.



Anexo 4. Soterramiento de los ductos (en los muelles) para la conexión hacia el buque.



Anexo 5. Diagrama trifilar del nuevo sistema eléctrico de potencia general.



Anexo 6. Diagrama de fuerza del sistema eléctrico para las tomas de poder.

