



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Protocolo de supervisión y liquidación de obras de líneas
eléctricas en MT dirigidas a empresas contratistas**

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Mecánico - Eléctrico

Kevin Dick Arevalo Perez

Asesor:
Mgtr. Ing. José Hugo Fiestas Chévez

Piura, agosto de 2023



Declaración Jurada de Originalidad del Trabajo Final

Yo, Kevin Dick Arevalo Perez, egresado del Programa Académico de Mecánica eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura, identificado(a) con DNI N° 70829021.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor del trabajo final titulado:
"PROTOCOLO DE SUPERVISIÓN Y LIQUIDACIÓN DE OBRAS DE LINEAS ELECTRICAS EN MT DIRIGIDAS A EMPRESAS CONTRATISTAS"
El mismo que presento bajo la modalidad de Tesis¹ para optar el Título profesional² de Ingeniero Mecánico - Eléctrico.
2. Que el trabajo se realizó en coautoría con los siguientes alumnos de la Universidad de Piura.
 - Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con DNI N° Escribir número
 - Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con DNI N° Escribir número
 - Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con DNI N° Escribir número
 - Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con DNI N° Escribir número
3. La asesoría del trabajo estuvo a cargo de:
 - José Hugo Fiestas Chevez, identificado con DNI N° 80543428
 - Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con DNI N° Escribir número
 - Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con DNI N° Escribir número
4. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros o de ser el caso derechos de los coautores, incluidos los derechos de propiedad intelectual, datos personales, entre otros. En tal sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
5. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
6. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
7. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad de Piura.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad de Piura y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Fecha: 16/08/2023.



Firma del autor optante³

¹ Indicar si es tesis, trabajo de investigación, trabajo académico o trabajo de suficiencia profesional.

² Grado de Bachiller, Título profesional, Grado de Maestro o Grado de Doctor.

³ Idéntica al DNI; no se admite digital, salvo certificado.



Dedicatoria

A mi madre por todo el apoyo que siempre me ha brindado, a María Olivares por siempre confiar en mí en los momentos más difíciles y a mi padre por enseñarme a nunca rendirme y por los grandes valores que me inculcaste en el tiempo de vida que Dios permitió tenerte.





Agradecimientos

Agradezco a mi asesor por darme la idea de hacia donde poder dirigir la tesis, también agradecer a mi gran amigo Yeison Guerrero por siempre ayudarme desde que me incorporé al mundo de la ejecución de obras eléctricas en baja y media tensión, finalmente agradecer a mis padres por darme el sustento económico para poder cursar la carrera de ingeniería mecánico-eléctrica en una gran universidad como lo es la Universidad de Piura de la cual me siento muy orgulloso de haber pertenecido.





Resumen

El propósito de este estudio es desarrollar una serie de pasos y recomendaciones que deben ser seguidos en los procedimientos de supervisión y liquidación de proyectos relacionados con líneas de media tensión. El objetivo es establecer prácticas ejemplares desde el momento en que se asigna una Orden de Trabajo (OT) hasta la fase de valorización para la correspondiente facturación.

Para lograr esto, se establece un marco teórico inicial que abarca los componentes clave de las líneas de media tensión, las regulaciones peruanas que rigen la ejecución de proyectos eléctricos y los conceptos fundamentales en relación con la liquidación de obras. Además, se exploran términos relativos a la provisión de ingresos y gastos. Cada uno de estos procesos se aborda de manera individual y se estructuran como un protocolo, para luego integrarlos y cerrar el ciclo de supervisión y liquidación. Con el fin de facilitar la comprensión de estos procesos, se presentan diagramas de flujo ilustrativos.

Posteriormente, se describe el proceso de provisión de una obra y se destaca la colaboración entre el liquidador y el supervisor en esta fase crucial. Esta interacción es esencial para garantizar una valorización precisa y coherente, así como para asegurar que los aspectos financieros se manejen adecuadamente.

Finalmente, se presentan una serie de recomendaciones y conclusiones que aportan al cierre de este trabajo. Estas recomendaciones se derivan de las mejores prácticas identificadas a lo largo del estudio y se diseñan para optimizar los procesos de supervisión y liquidación en proyectos de líneas de media tensión.

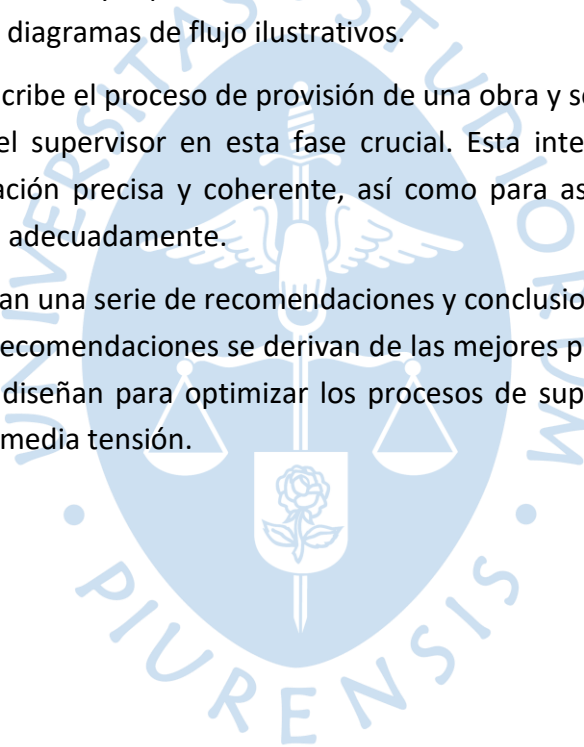




Tabla de contenido

Introducción	17
Capítulo 1 Marco teórico.....	19
1.1 Línea eléctrica de media tensión.....	19
1.1.1 Niveles de tensión	19
1.1.2 Líneas eléctricas.....	19
1.2 Tipos y partes de una línea de MT.....	19
1.2.1 Línea eléctrica aérea.....	19
1.2.2 Línea eléctrica subterránea	20
1.2.3 Transformador.....	20
1.2.4 Seccionador	21
1.2.5 Conductor	22
1.2.6 Sistema de puesta a tierra.....	22
1.3 Componentes de una línea de MT.....	23
1.3.1 Materiales de concreto	23
1.3.2 Conductores	24
1.3.3 Seccionadores.....	25
1.3.4 Aisladores	27
1.3.5 Ferretería.....	30
1.3.6 Conectores.....	31
1.3.7 Elementos de puesta a tierra	32
1.4 Supervisión de obras de líneas MT.....	33
1.5 Normativa para ejecución de obras eléctricas en MT.....	33
1.6 Liquidación de obras.....	38
1.7 Análisis de precios unitarios	38
1.8 Provisión de ingreso y gasto.....	38
1.8.1 Provisión de ingreso	38
1.8.2 Provisión de gasto	38
Capítulo 2 Protocolo de trabajo	39
2.1 Flujo de trabajo de supervisión	39

2.1.1	Recepción de las OT.....	39
2.1.2	Validación de material.....	39
2.1.3	Verificación de Equipos de Protección Personal (EPP).....	40
2.1.4	Cronograma.....	40
2.1.5	Programación semanal.....	41
2.1.6	Planificación del despacho de material con almacén.....	41
2.1.7	Ejecución de obra.....	42
2.1.8	Inspección de obra.....	42
2.1.9	Levantamiento de observaciones.....	45
2.1.10	Reporte de avance de obra.....	45
2.1.11	Coordinaciones con clientes, población y terceros.....	45
2.1.12	Pruebas, puesta en servicio y finalización de obra.....	45
2.1.13	Diagrama de flujo del proceso de supervisión.....	46
2.2	Flujo de trabajo de liquidación.....	48
2.2.1	Recopilación de información de campo.....	48
2.2.2	Observaciones de obra.....	49
2.2.3	Elaboración de expediente de liquidación y presentación para facturación.....	49
2.2.4	Provisión de ingreso y gasto.....	51
2.2.5	Diagrama de flujo del proceso de liquidación.....	52
2.3	Retroalimentación supervisión – liquidación.....	54
	Conclusiones.....	57
	Recomendaciones.....	59
	Referencias.....	61

Lista de tablas

Tabla 1 Niveles de tensión en Perú	19
Tabla 2 Principales componentes de concreto	23
Tabla 3 Conductores más usados en líneas MT	25
Tabla 4 Principales seccionadores.....	26
Tabla 5 Principales aisladores en líneas MT	28
Tabla 6 Principales elementos de ferretería en MT	30
Tabla 7 Componentes de una puesta a tierra	33
Tabla 8 Principales observaciones en inspección y sus criterios	43
Tabla 9 Tabla resumen de distancias verticales entre conductores	44
Tabla 10 Valorización de un armado de cambio de dirección con retenida simple	51





Lista de figuras

Figura 1 Sub-Estación aérea biposte (SAB) con transformador reductor	21
Figura 2 Seccionador Cut-Out	22
Figura 3 Seccionador Cut-Out	26
Figura 4 Seccionador barra.....	27
Figura 5 Armado tipo alineamiento con aislador tipo pin	28
Figura 6 Armado tipo cambio de dirección con aislador tipo suspensión	29
Figura 7 Armado tipo alineamiento con aislador tipo suspensión	29
Figura 8 Aislador tipo nuez en retenida simple.....	30
Figura 9 Tabla instructiva de conectores miniwedge y ampact.....	32
Figura 10 Fragmento de Tabla 232-1 CNE.....	35
Figura 11 Fragmento de Tabla 233-1 CNE.....	36
Figura 12 Fragmento de Tabla 234-1 CNE.....	37
Figura 13 Zonas prohibida para la instalación de líneas aéreas.....	44
Figura 14 Pruebas de aislamiento para red de distribución primaria.....	45
Figura 15 Flujo de trabajo de supervisión	47
Figura 16 Modelo propuesto para registro fotográfico	48
Figura 17 Armado de cambio de dirección sin ménsulas con retenida para ejemplo de valorización.....	50
Figura 18 Flujo de trabajo de liquidación.....	53
Figura 19 Flujo de trabajo supervisor - liquidador	55
Figura 20 Flujo de elaboración de provisión de ingreso - gasto	56



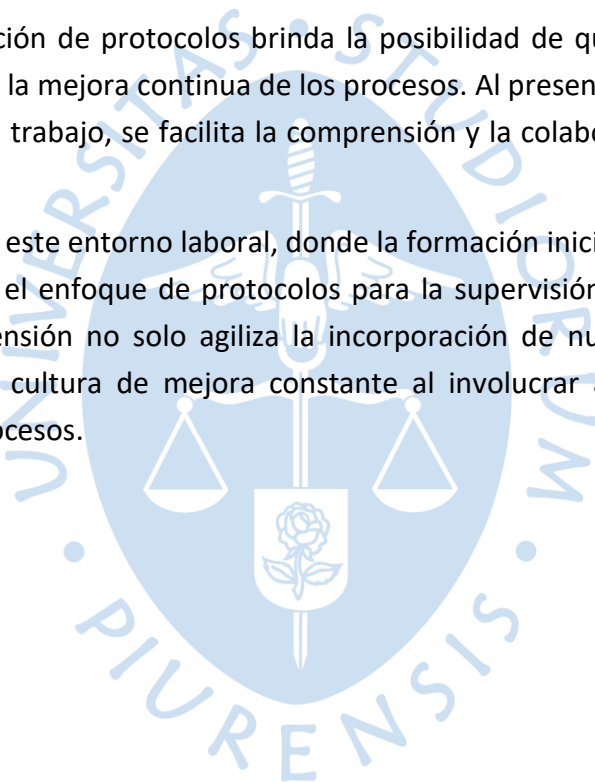
Introducción

En el contexto peruano, una considerable proporción de profesionales al ingresar a un nuevo puesto siente que deben aprender en su mayoría a través de una inducción inicial limitada y adquirir experiencia a lo largo de su trayectoria laboral. Esto se traduce en que, gran parte del aprendizaje se obtiene con el tiempo y la práctica en el desarrollo de su carrera. En este sentido, contar con un protocolo que agilice la comprensión de los flujos laborales resulta esencial para una adaptación más eficiente.

El objetivo central de este proyecto es presentar los procedimientos relacionados con la supervisión y liquidación de líneas eléctricas de media tensión en el Perú. Esta estrategia no solo acelera el proceso de adaptación para el personal recién ingresado, sino que también contribuye a una mayor retención del talento por parte de las empresas.

La implementación de protocolos brinda la posibilidad de que todas las áreas de la organización aporten a la mejora continua de los procesos. Al presentar de manera detallada y secuencial el flujo de trabajo, se facilita la comprensión y la colaboración entre diferentes equipos.

En resumen, en este entorno laboral, donde la formación inicial suele ser limitada y la experiencia es crucial, el enfoque de protocolos para la supervisión y liquidación de líneas eléctricas de media tensión no solo agiliza la incorporación de nuevo personal, sino que también fomenta una cultura de mejora constante al involucrar a todas las áreas en la optimización de los procesos.





Capítulo 1

Marco teórico

Es necesario empezar por un marco teórico que permita comprender los componentes de una línea eléctrica de media tensión, y con ello conocer mejor las labores tanto de supervisión como de liquidación de obras.

En la ejecución de obra de una línea de media tensión tener claridad de la aparamenta eléctrica a usar es crucial, lo mismo al momento de la liquidación ya que permite definir los servicios a cobrar según el análisis de precio unitario.

1.1 Línea eléctrica de media tensión

Al hablar de una línea eléctrica primero se deben explicar dos conceptos, el primero es el de nivel de tensión, el cual varía de acuerdo con el país en el que se contextualiza y el segundo es el de línea eléctrica.

1.1.1 Niveles de tensión

En Perú, como se puede apreciar en la tabla 1, tenemos 4 niveles de tensión y su correspondiente denominación (baja tensión, media tensión, alta tensión y muy alta tensión), la cual hace alusión a un tipo de red en particular.

Tabla 1

Niveles de tensión en Perú

Denominación	Abreviatura	Nivel de tensión
Baja tensión	BT	$\leq 1\text{kV}$
Media tensión	MT	$\geq 1\text{kV}$ y $\leq 30\text{kV}$
Alta tensión	AT	$\geq 30\text{kV}$ y $\leq 100\text{kV}$
Muy Alta tensión	MAT	$> 100\text{kV}$

1.1.2 Líneas eléctricas

La distancia existente entre la generación de la energía eléctrica y el usuario final hace necesario que exista un medio de transporte de la electricidad y el medio físico que hace posible dicho transporte es la línea eléctrica.

1.2 Tipos y partes de una línea de MT

Las dos variantes de líneas eléctricas en media tensión son las aéreas y subterráneas, cada una de ellas posee una cantidad de componentes necesarios para poder operar en sus condiciones normales, en este apartado se describen los tipos de líneas MT y sus principales partes.

1.2.1 Línea eléctrica aérea

Las líneas eléctricas aéreas son todas aquellas cuyos conductores se encuentran elevados a una determinada altura con respecto al nivel del suelo. Dependiendo del nivel de

tensión al cual operen, se encontrarán en alturas diferentes de acuerdo con las normativas a las que estén sujetas.

1.2.2 Línea eléctrica subterránea

Las líneas eléctricas subterráneas, son todas aquellas que se encuentran por debajo del nivel del suelo, poseen recubrimientos propios del conductor y componentes mecánicos para la distribución de los conductores, como lo son los ductos de concreto.

1.2.3 Transformador

En el transporte de energía se tienen que recorrer grandes distancias para llegar desde la etapa de generación hasta el usuario final, teniendo en cuenta lo antes mencionado, para alimentar una carga con una potencia determinada, es más eficiente transportar la electricidad a voltajes altos debido a que la corriente es menor y con ello las pérdidas disminuyen, he aquí la gran utilidad del transformador y él porque es tan importante colocar dos transformadores, uno al inicio de la línea y otro al final. (Álvarez, 2009)

Para ejemplificar mejor lo indicado anteriormente, se tiene el siguiente caso, si se quiere alimentar una carga de 10kW, el conductor tiene una resistencia de 5Ω y se tienen dos niveles de tensión, el primero es de 220V y el segundo de 220kV.

Según la ley de Watt se tiene que $P=V \cdot I$ por lo que para los dos escenarios se tendría lo siguiente:

$$I_{220V} = 10,000W \div 220V$$

$$I_{220V} = 45.45A$$

$$I_{220kV} = 10,000W \div 22,000V$$

$$I_{220kV} = 0.04545A$$

Por lo que la potencia consumida en el conductor según la ley de Joule en ambos casos sería:

$$P_{220V} = 45.45^2 A^2 \times 5\Omega$$

$$P_{220V} = 10.33kW$$

$$P_{220kV} = 0.04545^2 A^2 \times 5\Omega$$

$$P_{220kV} = 0.0000101kW$$

Como se puede apreciar las pérdidas en el transporte en 220 kV son menores que las que se tuviese si se transportara a una tensión de 220V.

Al transformador colocado al inicio de la línea lo conocemos como transformador elevador, mientras que al situado al final de la línea como transformador reductor, esto debido a que primero se eleva la tensión a un nivel deseado para poder realizar el transporte de la electricidad, mientras que al transformador que se encuentra al final de la línea se le conoce como reductor, ya que reduce la tensión a un valor de acuerdo al tipo de red que se quiera llegar, para el caso de esta tesis al ser una línea de media tensión, serían las redes de distribución secundaria (RDS). En la figura 1 se aprecia una sub-estación aérea biposte, en la cual el transformador actúa en modo reductor alimentando una red de RDS doble terna.

Figura 1

Sub-Estación aérea biposte (SAB) con transformador reductor



1.2.4 Seccionador

Su principal función es la de aislar de manera mecánica, los elementos que integran la red eléctrica. Lo que diferencia principalmente un seccionador de un interruptor es que el seccionador debe maniobrase sin carga y su apertura es visible. (Pedrozo Carrillo, 2021).

En la figura 2 se aprecia un seccionador tipo cut-out, el cual está separando el circuito principal a uno derivado.

Figura 2*Seccionador Cut-Out***1.2.5 Conductor**

Elemento principal para el transporte de energía eléctrica, el material debe tener poca resistencia al paso de la electricidad, dependiendo del nivel de tensión al que trabaje y la corriente que circule, tendrá una determinada sección. El tipo de conductor dependerá del tipo de línea eléctrica al que pertenezca, es decir si es una línea aérea o subterránea, entre los más comunes están los conductores AAAC y N2XSJ.

1.2.6 Sistema de puesta a tierra

La función principal de un sistema de puesta a tierra (SPAT), es la de forzar la derivación al terreno de las intensidades de corriente causadas por fallas. (Márquez, 1991)

1.3 Componentes de una línea de MT

Los componentes de una línea de MT se pueden subdividir en conjuntos, los cuales son los materiales de concreto, conductores, elementos de seccionamiento, aisladores, ferretería y otros accesorios, las variantes dependerán del tipo de armado y de la zona en la que se va a ejecutar la obra, para el desarrollo de esta tesis, se tienen dos zonas bastante diferenciadas según la ubicación geográfica, las cuales son: La zona norte y la zona sur.

La zona norte de la región Ica que están conformadas por Chincha y Pisco; mientras que la zona sur está conformada por Ica y Nasca. Es importante diferenciar estas dos regiones debido a que se tienen algunas variantes al momento de realizar los empalmes ya que la zona norte presente ambientes corrosivos.

1.3.1 Materiales de concreto

El principal soporte para las líneas eléctricas de MT son las estructuras de concreto, las cuales brindan la resistencia necesaria para soportar las cargas propias de operación de la línea. Las estructuras varían dependiendo de varios factores, entre los principales están la geografía del terreno, las condiciones climáticas y la longitud de la línea.

A continuación, en la tabla 2 se muestran los principales componentes de concreto y una breve descripción de su utilidad.

Tabla 2

Principales componentes de concreto

Componente	Designación	Especificación	Descripción
Poste	POSTE C.A.C. 8.00m/300/ 120mmØ/24 0mmØ	C.A.C.: Concreto armado centrifugado. 300: Carga de trabajo 300 kgf 120mmØ: Diámetro exterior superior. 240mmØ: Diámetro exterior inferior.	Estructura de forma troncocónica, que sirve de soporte para el conductor aéreo. Los más usuales son los comúnmente denominados 8/300, 13/400, 14/300 y 15/500.
Ménsula	C.A.V. 1,00m/300 - 215 mmØ	C.A.V.: Concreto armado vibrado. 1,00m: Longitud de la ménsula. 300: Carga de trabajo 300 kgf. 215 mmØ: Diámetro interno de la ménsula.	Componente de concreto usado para soportar los aisladores y ferretería de sujeción para el conductor, los más usuales son las comúnmente denominadas 1/300/215 y 1/300/245, son usados con mayor frecuencia en redes MT de simple terna.

Cruceta	C.A.V. SIMÉTRICA DE 1.50m/300-215 mmØ	C.A.V.: Concreto armado vibrado. 1.5m: Longitud de la cruceta 300: Carga de trabajo 300 kgf 215 mmØ: Diámetro interno de la cruceta.	Componente de concreto con la misma utilidad que la de las ménsulas, a diferencia que esta es usada en redes MT con doble terna o simple terna con provisional a doble terna. Pueden ser simétricas o asimétricas depende de la configuración en la que se quieren colocar los conductores o la distancia mínima de seguridad que se requiera.
Palomilla	C.A.V. DE SIMPLE EMBONE DE 1.10 m - 280 mmØ sin traslape	C.A.V.: Concreto armado vibrado Simple embone: Un solo cuerpo a colocar 1.10m: Longitud de la palomilla 280 mmØ: Diámetro interno de la cruceta Sin traslape: En la punta no presenta chaflan para acoplamiento, la punta termina completamente recta.	Componente de concreto usado principalmente en estructuras tipo seccionamiento, en este componente se colocan los seccionadores que pueden ser de tipo barra o de tipo cut-out.
Caja de registro	No aplica	Concreto	Caja de concreto para posicionar e indicar la existencia de una puesta a tierra en un lugar determinado.
Bloque de concreto	No aplica	Concreto	Usado en retenidas, principal medio para anclar la retenida al suelo.
Buzones	No aplica	Concreto	

1.3.2 Conductores

Los tipos de conductores eléctricos se clasifican en dos grandes grupos, los conductores para redes aéreas y para subterráneas. La principal diferencia entre ambos es el revestimiento que poseen para operar en dichas condiciones, usualmente se usan conductores desnudos para las líneas aéreas mientras que en subterráneas se usan conductores con aislamientos y revestimientos adecuados.

A continuación, en la tabla 3 se muestran los conductores de uso común y una breve descripción.

Tabla 3*Conductores más usados en líneas MT*

Conductor	Uso	Especificación
AAAC	Conductor de aluminio usado en redes aéreas, las secciones más frecuentes en MT de este tipo de conductor son 50, 70 y 120 mm ²	AAAC: All Aluminium Alloy Conductor Conductor de aleación de aluminio.
N2XSY	Conductor de cobre usado en redes subterráneas, las secciones más frecuentes en MT de este tipo de conductor son 50,70 y 120 mm ²	N2XSY: Conductor de cobre, aislamiento XLPE y revestimiento exterior PVC.
NA2XSY	Conductor de aluminio usado en redes subterráneas, las secciones más frecuentes en MT de este tipo de conductor son 50,70 y 120 mm ²	NA2XSY: Conductor de aluminio, aislamiento XLPE y revestimiento exterior PVC.
NYN	Conductor de cobre usado para la comunicación de los siguientes elementos: <ul style="list-style-type: none"> • Línea MT-Seccionamiento • Seccionamiento – Transformador • Transformador – Tablero de distribución • Tablero de distribución – Línea de baja tensión 	N: Núcleo de cobre Y: Aislamiento interior de PVC Y: Aislamiento exterior de PVC

1.3.3 Seccionadores

La principal función de un seccionador es la de separar mecánicamente dos partes de un circuito eléctrico, estas partes en una línea eléctrica son los equipos y las derivaciones, por lo cual la separación mecánica se resume a el circuito troncal, las derivaciones y el transformador.

A diferencia de lo que son los interruptores, los seccionadores deben ser maniobrados sin carga y la apertura debe ser visible. (Pedrozo Carrillo, 2021)

Los principales seccionadores usados en líneas MT son los seccionadores cut-out y los seccionadores rígidos, en la tabla 4 se da una descripción de cada uno.

Tabla 4*Principales seccionadores*

Tipo de seccionamiento	Descripción
Cut-Out	Seccionador que presenta un pivote de giro para la apertura o cierre de un sistema, se caracteriza por poseer un fusible que rompe la rigidez en el pivote para que el circuito salga de servicio ante una falla, se manipula siempre sin carga. Cuenta con un aislador que evita formación de arco eléctrico entre la entra y salida de este, como se puede apreciar en la figura 3.
Rígido	Seccionador de presenta un pivote de giro y que cuenta con dos barras o cuchillas, cuyos componentes deben poseer una resistencia baja que evite que se fundan y no extinga la falla, suelen usarse con más frecuencia en electrificación rural, a diferencia del seccionador cut-out, este posee dos aisladores, uno a la entrada y otro a la salida de este a fin de que no halla una formación de arco eléctrico entre estos dos puntos, como se puede apreciar en la figura 4.

Figura 3*Seccionador Cut-Out*

Figura 4

Seccionador barra



Nota. Seccionador Unipolar tipo cuchilla. Tomada de Seccionador Unipolar tipo cuchilla [Imagen]. (electrocastillo, 2023)

1.3.4 Aisladores

Los aisladores tienen la función de sujetar el conductor con la estructura en la que va a reposar, en nuestro caso, las estructuras de concreto. Evita que con el movimiento los conductores choquen entre sí o con estructuras metálicas, también evita la fuga de corriente hacia tierra.

Podemos clasificarlos en tres grandes grupos de acuerdo con el material del que están elaborados, los cuales serían los aisladores de vidrio, los cerámicos y los poliméricos.

En los sistemas de media tensión los más usuales son los aisladores cerámicos y los poliméricos.

Según el tipo de estructura y el cambio de la dirección de la línea tenemos dos tipos de aisladores de uso común, que son los aisladores tipo pin y suspensión.

Otro tipo es el aislador ANSI 54-2 también llamado aislador nuez, usado en retenidas, en la tabla 5 se da una descripción de su función en la línea de transmisión.

Tabla 5*Principales aisladores en líneas MT*

Tipo de aislador	Uso	Descripción
Pin	Alineamiento	Aislador usado en zonas donde el conductor va en línea recta con ligeros cambios de dirección donde los esfuerzos no tienden a ser tan grandes, se coloca por encima de la ménsula o cruceta, en la figura 5 se puede apreciar mejor.
Suspensión	Alineamiento y cambio de dirección	Aislador usado en zonas donde el conductor va en línea recta, pero por debajo de la ménsula también cuando hay cambios de dirección que representan un mayor esfuerzo, en las figuras 6 y 7 se pueden apreciar mejor.
ANSI 54-2	Retenidas	El aislador carrete se usa en retenidas, permite aislar los elementos de las retenidas para que no haya paso de corriente por esta, en la figura 8 se puede apreciar este tipo de aislador.

Figura 5*Armado tipo alineamiento con aislador tipo pin*

Figura 6

Armado tipo cambio de dirección con aislador tipo suspensión

**Figura 7**

Armado tipo alineamiento con aislador tipo suspensión



Figura 8*Aislador tipo nuez en retenida simple***1.3.5 Ferrería**

La ferrería son los elementos de unión para las distintas etapas de la estructura, como pueden ser los materiales de concreto, las retenidas, los cortocircuitados entre aisladores, tubos para cable seco y otros, a continuación, en la tabla 6 se lista la principal ferrería y su uso.

Tabla 6*Principales elementos de ferrería en MT*

Elemento	Uso
Perno doble armado	Perno usado para poder sujetar los elementos de concreto, usualmente son las crucetas o las ménsulas con el poste, también se usa para las estructuras de retención biposte también llamadas estructuras vínculo.
Perno ojo	Permite la unión del aislador suspensión con la estructura de concreto, el calibre y la longitud del perno dependerá del lugar al que se quiera posicionar.
Tuerca ojo	Permite que se logre el armado de cambio de dirección, ya que al tener un perno ojo y querer seguir con la ruta de la línea debemos colocar una tuerca que permita anclar el segundo aislador suspensión. También se suelen usar por pares al anclar los aisladores suspensión directamente al poste, ya que en esta zona solo se cuenta con pernos doble armado.
Grapas pistola	Elemento en forma de pistola de aluminio que permite la sujeción del conductor con el aislador suspensión, usado en armados del tipo cambio de dirección.

Cinta plana de aluminio	Elemento en forma de cinta cuya función es que el conductor no presente mucho desgaste por contacto con la grapa pistola.
Mordaza de suspensión	Elemento en forma de mordaza, cuya función es que el conductor repose sobre este elemento, usado en aisladores de suspensión en armados del tipo alineamiento.
Varilla armar preformada	Elemento en forma de varilla helicoidal, cuya función es que el conductor no sufra mucho desgaste por contacto con la mordaza de suspensión.
Arandelas cuadradas curvadas	Arandelas que se suelen usar en los pernos para evitar agrietamientos en las puntas debido al esfuerzo en caso de que fueran planas.
Planchas J	Planchas de cobre en forma de jota, colocadas en cada una de las bases de los aisladores ya sean suspensión o pin, por este elemento se cortocircuitan los aisladores con conductor de cobre.
Perno partido	Perno partido, elemento de unión que permite la sujeción entre cables de cobre desnudo para cortocircuitado.
Cinta band it	Elemento en forma de cinta que sirve para sujetar elementos a la estructura de concreto, con esta cinta se puede sujetar los cables de cobre para cortocircuitado de aisladores, el conductor subterráneo en la parte de subida al poste y también el tubo de transporte del conductor subterráneo.
Grapa band it	Grapa que permite asegurar la cinta band it.

1.3.6 Conectores


Los conectores son importantes para la continuidad del circuito eléctrico, en la ejecución de una obra eléctrica hay tramos en los que el carrete de conductor se acaba, se va por un seccionamiento, se cambia a tramo subterráneo o se deriva a un conductor de menor calibre, por lo que para unir con otro conductor se requiere de empalmes para continuar con el circuito, también es correcto su uso al momento de llegar a los seccionadores ya que los conductores de llegada son NYY, por lo cual también debemos tener en cuenta el tipo de conector para la unión con materiales distintos.


En las líneas eléctricas MT los más usuales son los conectores miniwedge y los conectores ampact, hay que tener en cuenta que el correcto uso de estos conectores va a depender del ambiente en el que trabajen, ya que si es un ambiente corrosivo se deberán instalar con cobertores con gel interior, mientras que, de no presentar ambiente corrosivo, no es necesario que se recubra.

En la figura 9, se muestra una tabla instructiva propuesta por Distriluz, en los que se colocan el tipo de conector y los conductores de determinada sección que pueden admitir.


Figura 9

Tabla instructiva de conectores miniwedge y ampact





AMPACT



ELECTRO NOROESTE S.A.
ELECTRO NORTE S.A.
HIDRANDINA S.A.
ELECTROCENTRO S.A.

mm ² / mm ²		Sección Conductor Principal (mm ²)							
		25 Al	35 Al	50 Al	70 Al	95 Al	120 Al	185 Al	240 Al
Conductor Derivado (mm ²)	16 Cu	Mini Wedge 83592-9	Mini Wedge 83592-7	Mini Wedge 83592-4	600446-0 AMPACT	600446-0 AMPACT	602046-1 AMPACT		
	25 Al/Cu	Mini Wedge 83592-8	Mini Wedge 83592-6	Mini Wedge 83592-3	600447-0 AMPACT	600447-0 AMPACT	600456-0 AMPACT		
	35 Al/Cu		Mini Wedge 83592-5	Mini Wedge 83592-2	600403-0 AMPACT	600448-0 AMPACT	600411-0 AMPACT	602000-0 AMPACT	602031-8 AMPACT
	50 Al/Cu			Mini Wedge 83592-1	600448-0 AMPACT	600411-0 AMPACT	600458-0 AMPACT	602001-0 AMPACT	1-602031-9 AMPACT
	70 Al/Cu				600411-0 AMPACT	600458-0 AMPACT	600459-0 AMPACT	602002-0 AMPACT	1-602031-7 AMPACT
	95 Al/Cu					600459-0 AMPACT	600465-0 AMPACT	602003-0 AMPACT	1-602031-7 AMPACT
	120 Al/Cu						602046-7 AMPACT	1-602031-7 AMPACT	1-602031-5 AMPACT
	185 Al							1-602031-5 AMPACT	1-602031-5 AMPACT
	240 Al								1-602031-3 AMPACT

Nota. Tomada de Instructivo Conector AMPACT y Miniwedge Distriluz (Distriluz, 2019)

1.3.7 Elementos de puesta a tierra

La puesta a tierra en los sistemas de media tensión normalmente se usan cerca de las protecciones como es el caso de las estructuras tipo seccionamiento, en los transformadores, en los puntos de medición a la intemperie (PMI) y también en uno de los puntos de conexión de los cables subterráneos.

Dependiendo del terreno en el que se trabaje una puesta a tierra puede ser vertical u horizontal, donde las puestas a tierra horizontales suelen colocarse en zonas donde la napa freática está a niveles de profundidad muy próximos al del nivel del suelo, usualmente la profundidad promedio a la que se instalan estos sistemas de puesta a tierra es de 0.6m y no superan los 0.8m.

En el caso de una línea eléctrica, se colocan en la estructura tipo seccionamiento y en uno de los puntos del conductor subterráneo. A continuación, en la tabla 7 se da el listado de los materiales que componen un sistema de puesta a tierra y es uso que presentan en ella.

Tabla 7*Componentes de una puesta a tierra*

Material	Uso
THOR GEL	Permite mejorar la conductividad del terreno en que se coloca la puesta a tierra.
Tierra de cultivo	Mejora la conductividad del terreno en unión con el Thor gel.
Cable de cobre desnudo	Conductor que permite el paso de corrientes hacia la varilla para disipar las fallas, se suelen usar cables de cobre desnudo de 16mm ²
Varilla de cobre	Es el componente indispensable, ya que al ser el material con mayor conductividad permite las desviaciones de las fallas.
Conector AB de cobre	El conector AB permite la unión entre el cable de cobre desnudo del sistema de puesta a tierra con la varilla de cobre.
Caja de registro	Tapa y señala la ubicación de la puesta a tierra.

1.4 Supervisión de obras de líneas MT

La palabra supervisión proviene de las palabras en latín super y videre, lo cual en su conjunto significan “ver por encima”. (Wieland, 2013). En la antigüedad el supervisor estaba ligado al concepto de capataz, el cual tenía el poder de controlar a las personas que tenía a cargo.

Hoy por hoy, el supervisor tiene funciones muy similares, pero entra el concepto de liderazgo, ya que hay temas aún más importantes como lo es el bienestar de los trabajadores que conforman un grupo de trabajo, en el caso de las obras de media tensión el supervisor debe velar por el bienestar de los trabajadores, ya que hay trabajos que demandan mucho cuidado debido a los riesgos que puede haber y de los cuales el supervisor debe mitigarlos o anularlos en la manera de lo posible.

Las principales funciones de un supervisor son las siguientes:

- Verificación del correcto uso del equipo de protección personal (EPP)
- Verificación en campo del replanteo emitido por la empresa concesionaria
- Verificación de cumplimiento de normativa del CNE
- Correcta distribución de los recursos a las cuadrillas para la ejecución de obra
- Cumplimiento de las cinco reglas de oro para trabajos eléctricos

1.5 Normativa para ejecución de obras eléctricas en MT

Para la ejecución de obras eléctricas en media tensión se usará la parte 2 del Código Nacional de Electricidad (CNE) - Suministro, ya que es la norma peruana sobre la cual se rige toda la actividad eléctrica en el país y en la Resolución Directoral N° 018-2002-EM-DGE sección 12.2 dirigida a la ejecución y control de obras.

La segunda parte de CNE-Suministro tiene como finalidad proteger a las personas que trabajarán en las líneas eléctricas de suministro.

Las reglas han sido escritas para cubrir casos generales y para las circunstancias descritas se aplican los requerimientos que los rigen. Las excepciones prevén condiciones específicas bajo las cuales una regla no es o no puede ser aplicable. (Ministerio de energía y minas dirección general de electricidad, 2001)

El CNE-Suministro tiene 4 partes que contienen 44 secciones y tablas para el cumplimiento de la normativa, en el presente trabajo tomará como base la sección 23 del código y también las tablas de distancias verticales y horizontales de seguridad con especial énfasis en las tablas 232-1, 233-1 y 234-1, tal y como se aprecian en las figuras 10, 11 y 12.



Figura 10

Fragmento de Tabla 232-1 CNE

Tabla 232-1

Distancias verticales de seguridad de alambres, conductores y cables sobre el nivel del piso, camino, riel o superficie de agua

(Las tensiones son fase a fase, para circuitos no conectados a tierra - aislados, para circuitos puestos a tierra de manera efectiva y para aquellos otros circuitos donde todas las fallas a tierra son suprimidas mediante la pronta desactivación de la sección donde ocurrió la falla, tanto inicialmente como luego de las operaciones subsiguientes del interruptor.

Véase la sección de definiciones para las tensiones de otros sistemas.

Véanse las Reglas: 230.A.2, 232.B.1, 232.C.1.a y 232.D.4)

Naturaleza de la superficie que se encuentra debajo de los alambres, conductores o cables	Conductores y cables de comunicación aislados; cables mensajeros; cables de guarda; retenida puesta a tierra y retenidas no puestas a tierra expuestas hasta 300 V ^{11, 15} ; conductores neutros que cumplen con la Regla 230.E.1; cables de suministro que cumplen con la Regla 230.C.1 (m)	Conductores de comunicación no aislados; cables autoportantes de suministro hasta 750 V que cumplen con las Reglas 230.C.2 o 230.C.3 (m)	Cables de suministro de más de 750 V que cumplen con las Reglas 230.C.2 o 230.C.3; conductores de suministro expuestos, hasta 750 V; retenidas no puestas a tierra expuestas a más de 300 V a 750 V ¹⁴ (m)	Conductores de suministro expuestos, de más de 750 V a 23 kV; retenidas no puestas a tierra expuestas de 750 V a 23 kV ¹⁴ (m)	Conductores de contacto de vías férreas electrificadas y trole; y cables mensajeros	
	Cables para retenidas, mensajeros, guarda o neutros	Conductor o cable aislado de BT	Conductor protegido de BT Conductor o cable aislado de MT	Conductor desnudo de MT	Hasta 750 V a tierra (m)	Más de 750 V a 23 kV a tierra (m)
Cuando los alambres, conductores o cables cruzan o sobresalen						
1. Vías Férreas de ferrocarriles (excepto ferrovías electrificadas que utilizan conductores de trole aéreos) ^{2, 16, 22}	7,3	7,3	7,5	8,0	7,0 ⁴	7,0 ⁴
2.a. Carreteras y avenidas sujetas al tráfico de camiones ²³	6,5	6,5	6,5	7,0	5,5 ⁵	6,1 ⁵
2.b. Caminos, calles y otras áreas sujetas al tráfico de camiones ²³	5,5	5,5	5,5	6,5	5,5 ⁵	6,1 ⁵
3. Calzadas, zonas de parqueo, y callejones	5,5 ^{7, 13}	5,5 ^{7, 13}	5,5 ⁷	6,5	5,5 ⁵	6,1 ⁵
4. Otros terrenos recorridos por vehículos, tales como cultivos, pastos, bosques, huertos, etc.	5,5	5,5	5,5	6,5	-	-
5.a. Espacios y vías peatonales o áreas no transitables por vehículos ⁹	4,0	4,0 ⁸	4,0 ⁸	5,0	5,0	5,5
5.b. Calles y caminos en zonas rurales	5,5	5,5 ⁸	5,5 ⁸	6,5	5,5	6,1

Nota. Tomada de Tabla 232-1 Código Nacional de Electricidad. (Ministerio de energía y minas, 2011)

Figura 11

Fragmento de Tabla 233-1 CNE

Tabla 233-1
Distancia de seguridad vertical entre los alambres, conductores y
cables tendidos en diferentes estructuras de soporte

(Las tensiones son fase a fase, para circuitos no conectados a tierra - aislados, para circuitos puestos a tierra de manera efectiva y aquellos otros circuitos donde todas las fallas a tierra son suprimidas mediante la desactivación inmediata de la sección de falla, tanto inicialmente como en las subsiguientes operaciones del interruptor.

Véase la sección de definiciones para las tensiones de otros sistemas.

Véase las Reglas 232.B.1, 233.C.1 y 233. C.2.a.)

Nivel inferior	Nivel Superior				
	Retenidas de comunicación puestas a tierra de manera efectiva, alambres de suspensión y mensajeros, conductores y cables de comunicación (m)	Retenidas de suministro puestas a tierra de manera efectiva, alambres de suspensión y mensajeros, conductores neutros que cumplen la Regla 230.E.1, y cables de guarda (m)	Cables de suministro que cumplen con la Regla 230.C.1 (cable autoportado) y cables de suministro hasta 750 V que cumplen con la Regla 230.C.2 o 230.C.3 (m)	Conductores de suministro expuestos hasta 750 V y cables de suministro de más de 750 V que cumplen con la Regla 230.C.2 o 230.C.3 (m)	Conductores de suministro expuestos de más de 750 V a 23 kV (m)
1. Retenidas de suministro puestas a tierra de manera efectiva, ⁷ alambres de suspensión y mensajeros, conductores neutros que cumplen la Regla 230.E.1, y cables de guarda contra sobretensiones.	0,60 ^{1,2}	0,60 ^{1,2}	0,60 ²	0,60	1,20
2. Retenidas de comunicación puestas a tierra de manera efectiva, ⁷ alambres de suspensión y mensajeros; conductores y cables de comunicación	0,60 ^{1,2}	0,60 ¹	0,60	1,20 ⁸	1,80 ⁵
3. Cables de suministro que cumplen con la Regla 230.C.1 y cables de suministro hasta 750 V que cumplen con las Reglas 230.C.2 o 230.C.3	0,60	0,60	0,60	1,00	1,20
4. Conductores de suministro expuestos, hasta 750 V; cables de suministro de más de 750 V que cumplen con la Regla 230.C.2 o 230.C.3	1,20 ⁹	1,00	1,00	1,00	1,20
5. Conductores de suministro expuestos, de 750 V a 23 kV	1,80 ^{5,9}	1,20	1,20 ⁹	1,20 ⁹	1,20
6. Trole y conductores de contacto de la vía férrea electrificada y vano asociado y alambres portadores	1,20 ³	1,20 ³	1,20 ³	1,20 ^{3,4}	1,80

Nota. Tomada de Tabla 233-1 Código Nacional de Electricidad. (Ministerio de energía y minas, 2011)

Figura 12

Fragmento de Tabla 234-1 CNE

Tabla 234-1
Distancia de seguridad de los alambres, conductores, cables y partes rígidas con tensión no protegidas adyacentes pero no fijadas a edificaciones, letreros, chimeneas, antenas de radio y televisión, tanques, puentes peatonales y otras instalaciones a excepción de puentes (vehiculares)

(Las tensiones son fase a fase, para circuitos no conectados a tierra - aislados, para circuitos puestos a tierra de manera efectiva y aquellos otros circuitos donde todas las fallas a tierra son suprimidas mediante una desactivación inmediata de la sección de falla, tanto inicialmente como luego de las subsiguientes operaciones del interruptor.
Véase la sección de definiciones para las tensiones de otros sistemas. Las distancias de seguridad están establecidas sin desplazamiento de viento salvo se indique en las notas a pie de página más adelante.
Véase las Reglas: 230.A.2, 232.B.1, 234.C.1.a, 234.C.2 y 234.H.4).

Distancia de Seguridad de	Conductores y cables de comunicación aislados; cables mensajeros; cables de guarda; retenidas puestas a tierra; retenidas no puestas a tierra expuestas de hasta 300 V ¹³ ; conductores neutros que cumplen con la Regla 230.E.1; cables de suministro que cumplen con la Regla 230.C.1 (m)	Partes rígidas con tensión no protegidas, hasta 750 V; conductores de comunicación no aislados, cajas de equipos no puestos a tierra, hasta 750 V y retenidas no puestas a tierra expuestas a conductores de suministro expuestos de más de 300 V a 750 V ⁵ (m)	Cables de suministro de más de 750 V que cumplen con las Reglas 230.C.2 o 230.C.3; conductores de suministro expuestos, hasta 750 V ¹⁵ (m)	Partes rígidas, bajo tensión no protegidas de más de 750 V a 23 kV, cajas de equipos no puestos a tierra, 750 V a 23 kV, retenidas no puestas a tierra expuestas a más de 750 V a 23 kV ⁵ (m)	Conductores de suministro expuestos, de más de 750 V hasta 23 kV (m)
	Cables autoportantes de suministro hasta 750 V que cumplen con las Reglas 230.C.2 o 230.C.3 ⁵ (m)				
	Cables para retenidas, mensajeros, guarda o neutros	Conductor protegido de BT	Conductor o cable aislado de MT	Conductor protegido de MT	
	Conductor o cable aislado de BT				Conductor desnudo de MT
1. Edificaciones					
a. Horizontal					
(1) A paredes, cercos, proyecciones, balcones, ventanas y otras áreas fácilmente accesibles ^{3,16}	1,0	1,0	1,5	2,5	2,5 ^{10,11,17}
b. Vertical ¹⁴					
(1) Sobre techos o proyecciones no fácilmente accesibles a peatones ³	1,8	1,8	3,0	4,0	4,0
(2) Sobre balcones y techos fácilmente accesibles a peatones ³	3,0	3,0	3,0	4,0	4,0
2. Letreros, chimeneas, carteles, antenas de radio y televisión, tanques y otras instalaciones no clasificadas como edificios y puentes (vehiculares)					
a. Horizontal ^{3,4}					
(1) Sobre pasillos y otras superficies por donde transita el personal	1,0	1,0	1,5 ⁹	2,5	2,5 ^{10,11}
b. Vertical					
(1) Sobre pasillos y otras superficies por donde transita el personal	3,0	3,0	3,0	4,0	4,0

Nota. Tomada de Tabla 234-1 Código Nacional de Electricidad. (Ministerio de energía y minas, 2011)

1.6 Liquidación de obras

La función de un liquidador de obras es la de dar soporte al supervisor en la valorización de las obras culminadas, control del avance de las obras en ejecución y control del material, esto tanto en trabajos en media tensión como en baja tensión.

1.7 Análisis de precios unitarios

El análisis de precios unitarios es una descripción de las actividades individuales que conforman una obra, en este caso de una línea MT, para conocer las características y sus costos correspondientes que permitirán conocer su valor monetario previo a la elaboración de esta.

Los criterios básicos para el análisis de precios unitarios son maquinaria y equipo, materiales, mano de obra y transporte. (Puentes Leal, 2009)

1.8 Provisión de ingreso y gasto

El estado de resultados financieros de una empresa resulta del conjunto del ingreso y gasto del mes, lo cual es importante para medir la salud financiera de una unidad de negocio o de un área dentro de una empresa, esto permite tomar decisiones a partir de los números contables, ante esto puede haber dos escenarios posibles, los cuales pueden ser reducir costos o aumentar la productividad.

La provisión es todo aquello que ha representado un avance en las actividades económicas de la empresa, pero que aún no se han manifestado monetariamente debido a que aún no culminan o no se le ha dado conformidad por el servicio, pero que se debe declarar ya que se manifestará en su debido momento.

1.8.1 Provisión de ingreso

La provisión de ingreso en este caso vendría hacer la valorización del avance real de las obras, que esperan a la conformidad para poder ser facturadas.

1.8.2 Provisión de gasto

La provisión de gasto vendría hacer las subcontrataciones, alquileres u otros servicios que, si bien aún no han sido facturados por los proveedores, en su debido momento se manifestará como salida de dinero

Capítulo 2

Protocolo de trabajo

En este capítulo se descomponen los trabajos de supervisión de manera independiente, en cada uno se describe las actividades y su interacción con las diversas áreas, de esta manera se va creando el protocolo de trabajo para cada puesto de manera independiente, al final de cada uno de estos se coloca un diagrama de flujo de procesos (DFP) que luego se unificarán para crear el diagrama unificado.

Cabe recalcar que en este caso de estudio la empresa contratista solo presta servicios de ejecución, los materiales son suministrados por la empresa distribuidora casi en su totalidad, en caso sea necesario cubrir material faltante, solo es ferretería y accesorios, todo lo correspondiente a materiales de concreto y otros elementos relevantes de la línea están fuera del alcance de las labores de la contratista.

2.1 Flujo de trabajo de supervisión

Las empresas distribuidoras de energía eléctrica asignan ordenes de trabajo (OT) a las empresas contratistas, estas OT ya tienen un replanteo previo para su respectiva ejecución. El conjunto de OT es evaluado por la supervisión para considerar la programación de la ejecución de estas, en este apartado se describe cada parte del proceso desde la recepción de la OT hasta la culminación de esta, así como también las coordinaciones adicionales con otras áreas y el abastecimiento propio para las cuadrillas.

2.1.1 Recepción de las OT

Las OT se asignan al sistema de la empresa contratista, se debe ver la prioridad de estas, dependiendo de la fecha de asignación, la magnitud de la orden y el plazo máximo de culminación.

Con los criterios de prioridad antes mencionados se procede a evaluar la zona por donde se ejecutarán ya que es muy importante tener en cuenta los por menores que puede presentar el terreno, un ejemplo de esto es si la zona de trabajo es rural, ya que se puede dejar mayor parte de material en campo, pero si se trata de una zona urbana, se puede complicar dejar el material, ya que al poseer gran tamaño puede obstaculizar el tránsito. También es bueno analizar previamente las ubicaciones porque permite anticiparse a una distribución de maquinaria que pueda usarse para la ejecución y sobre todo los accesos por donde pueda entrar, es importante que, al recibir y filtrar las OT, se tengan en cuenta el terreno de trabajo.

2.1.2 Validación de material

Seleccionadas las ordenes de trabajo, se procede a hacer la validación de stock de los materiales a usar. Primero se verifica que se tenga stock de ferretería, agregados y materiales menudos, en caso no se cuente con un stock mínimo para cubrir necesidades propias de la

obra, se procede a gestionar las compras con el área de abastecimiento, luego se coordina con los almacenes de la empresa distribuidora para que nos facilite el listado de los materiales asignados, una vez completa la etapa de validación ya se puede depurar el listado de OT.

2.1.3 Verificación de Equipos de Protección Personal (EPP)

En la ejecución de obras eléctricas, es vital el correcto uso de los EPP ya que no se puede en ninguna circunstancia comenzar un trabajo si no se posee EPP en buen estado y en su totalidad. De acuerdo con el CNE, todo trabajo eléctrico debe ser realizado con el correcto uso y estado de los equipos de protección personal.

Nada es más importante que salvaguardar la integridad física de los trabajadores. Por lo que antes de llegar a programar las labores, se debe tener una verificación minuciosa de los EPP de los trabajadores. De encontrar deficiencias o deterioro tanto de EPP y herramientas de trabajo, que puedan manifestarse en un incidente o peor aún en un accidente, se debe reportar al área de seguridad y salud en el trabajo para que puedan gestionar los cambios y sus respectivas compras para el reemplazo de estos.

2.1.4 Cronograma

Una vez se realiza la validación de material y se cuentan con los implementos de seguridad en correcto estado, se procede a realizar un cronograma de actividades de la obra a realizar.

Se propone el siguiente listado como una guía para la ejecución de actividades:

- Trazado de la línea: Se debe programar un trazado de la línea según el replanteo ya propuesto, en caso haya inconvenientes en campo, por diversos motivos, uno de estos puede ser el paso por una propiedad privada, incumplimientos de distancias mínimas de seguridad, entre otros.
- Excavaciones: Las excavaciones deben ser consideradas como primera actividad, ya que permite ganar tiempo debido a que ya refleja un avance de la obra y puede dar un espacio de tiempo para realizar gestiones para abastecimiento de material si en caso haya inconvenientes, en el caso de cable subterráneo ir avanzando con la apertura de zanja, colocar los ductos y los cables guía para instalar el conductor subterráneo.
- Traslado de material: En este caso se debe tener en cuenta 2 escenarios, el primero de ellos es en el que la obra se ejecute en zona rural y el otro en que se ejecute en zona urbana, esto debido a que en la zona rural se puede dejar materiales grandes, como son los materiales de concreto y agregados, en zonas específicas, de fácil acceso y cercanas a la obra; mientras que en zona urbana se deben tener en cuenta que las calles pueden ser estrechas y puede haber riesgo de hurto.
- Fraguado de crucetas y ménsulas: Esta actividad permite tener ya armado todos los materiales de concreto para así poder colocar los cables de cobre para el

cortocircuitado de la ferretería en cada armado, el fraguado debe realizarse previo al izaje de los postes ya que permite realizar correcciones rápidas estando tendidos en el suelo, cabe resaltar que si se trata de estructuras de retención biposte, las crucetas y vínculos propios de esta estructura, deben fraguarse estando los 2 postes izados ya que estos deben calzar perfectamente en la altura requerida.

- Armado de base de retenidas: Dejar ensamblado el bloque de concreto con la varilla para retenida.
- Izaje de postes: Considerar el secado del agregado colocado en la base y los acabados que se le quieren dar (usualmente punta diamante).
- Ensamblaje de retenidas: Programar la actividad posterior al secado de los postes.
- Ensamblaje de aisladores, tendido de cable y puestas a tierra: Distribuir el personal y los recursos necesarios, para tratar de que las labores puedan realizarse en el menor tiempo posible, ya que es importante que, al realizarse esta labor, la energización se haga en la brevedad el caso, ya que se evita de que los componentes de la línea sean hurtados, más aún en el caso del conductor subterráneo el cual es muy cotizado.
- Pruebas y protocolos: Realizar los protocolos de puesta a tierra y el megado de los cables subterráneos en el caso que se requiera.
- Energización, pruebas y puesta en servicio: Finalmente se energiza la línea, se realizan pruebas y se culmina con la puesta en servicio.

Una vez terminado el cronograma, se presenta a la empresa distribuidora para su evaluación.

2.1.5 Programación semanal

Cuando ya se cuenta con la aprobación de la empresa distribuidora, se procede a presentar la programación semanal, la cual es enviada a los supervisores y los centros de gestión de recursos, para que se puedan dar los permisos de trabajo semanales.

2.1.6 Planificación del despacho de material con almacén

Según la programación semanal, los almacenes coordinan con el supervisor a cargo el despacho de los diversos materiales a utilizar, se debe ser bastante preciso con estas coordinaciones, ya que puede verse afectada la producción de las cuadrillas por falta de material y con ello también retrasos en la ejecución de obras, por ello se recomienda, anticiparse a las labores coordinando días antes la reserva de materiales para evitar inconvenientes.

2.1.7 Ejecución de obra

Previo al inicio de actividades de la obra, se debe dar la charla de cinco minutos, cuyo fin es el de identificar los peligros potenciales en la zona de trabajo, luego de esto, recién se pueden realizar las labores.

Durante la ejecución de obra, puede haber muchos motivos por el cual puede ser detenida, a continuación, un listado de los principales motivos:

- El trabajo no cuenta con las condiciones de seguridad necesarias para preservar la integridad de los trabajadores
- El trabajo no cuenta con las condiciones de seguridad necesarias para preservar la integridad de los equipos
- El trabajo no cumple con normativa del CNE
- Oposición de la población por motivos culturales, coyunturales, propiedad privada y sindicatos.

En caso de que las poblaciones o grupos externos se opongan, primero se debe conversar para llegar a un acuerdo ya que muchas veces simplemente la solución está en un replanteo del plano, si en caso se oponen por motivos ajenos a la labor ingenieril, se procede a realizar una constatación policial y se comunica a la empresa distribuidora a fin de dejar constancia de que está fuera el alcance de la obra.

2.1.8 Inspección de obra

En esta parte de la obra entran a trabajar 3 inspectores, el supervisor de la obra, el supervisor de seguridad y el supervisor de la empresa distribuidora, a fin de poder tener una mayor y mejor percepción de la ejecución.

En la tabla 8 se presenta un listado de los criterios usados desde el punto de vista de la empresa contratista, el de la empresa distribuidora está fuera del alcance de lo propuesto en el presente trabajo.

Tabla 8*Principales observaciones en inspección y sus criterios*

Encargado	Observación	Criterio
Supervisor de obras	Incumplimiento por DMS entre conductores.	Si la distancia mínima entre fases es menor a 1.20 m (tabla 233-1 del CNE, ver tabla 9). Se da solución en el momento del flechado del conductor.
Supervisor de obras	Incumplimiento por DMS con límites de propiedad.	Si la distancia mínima horizontal es menor a 2.5 m, y la distancia vertical es menor a 4 m (tabla 234-1 del CNE, ver figura 13), se replantea la reubicación del poste o en todo caso se hace uso de bastidores.
Supervisor de obras	Mal traslado de conductores aéreos y subterráneos al momento del tendido.	Los conductores no deben ser arrastrados, esto debido a que en los conductores desnudos pueden desgastarse de material, generando así fisuras que darán lugar a puntos calientes, mientras que, en el caso de los conductores subterráneos, puede deteriorar su aislamiento habiendo un incumplimiento de los valores de resistencia de aislamiento.
Supervisor de obras	Mala instalación de la reserva de conductor subterráneo.	Al momento de colocar el conductor subterráneo no debe generarse un espiral ya que hay generación de campos magnéticos, se soluciona tendiéndolo sin una forma en particular, pero nunca generando un espiral.
Supervisor de obras	Incumplimiento de los valores de puesta a tierra según el CNE.	Si bien la medida de la resistencia de puesta a tierra es mayor a 25Ω (según el CNE), cabe recalcar que las empresas distribuidoras pueden usar un criterio de mejora, por lo que usualmente se pueden encontrar valores menores a 10Ω en muchos casos.
Supervisor de obras	Incumplimiento de valores en medida de aislamiento de conductores según resolución directoral.	Si los valores de la medida de aislamiento no cumplen con los valores establecidos según la resolución directoral R.D. N° 018-2002-EM/DGE (ver figura 14), se procede a hacer un cambio de conductor.
Supervisor de obras - Supervisor de seguridad	Incumplimiento de normas de seguridad.	Incumplimiento del reglamento de seguridad y salud en el trabajo de las actividades eléctricas (RSSTAE), resolución ministerial RM 161-2007-MEM/DM.

Tabla 9

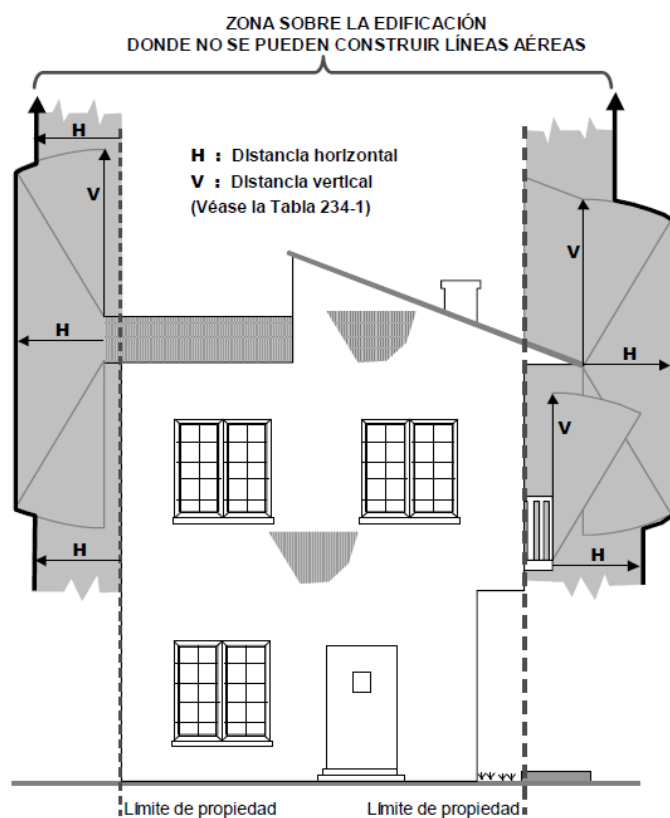
Tabla resumen de distancias verticales entre conductores

Distancias verticales entre conductores				
	MT expuesto	BT expuesto	MT Y BT aislados	Comunicaciones
MT expuesto	1.2m	1.2m	1.2m	1.8m
BT expuesto	1.2m	1.0m	1.0m	1.2m
MT Y BT aislados	1.2m	1.0m	0.6m	0.6m
Comunicaciones	1.8m	1.2m	0.6m	0.6m

Nota. Modificada de Tabla 233-1 Código Nacional de Electricidad. (Ministerio de energía y minas, 2011)

Figura 13

Zonas prohibidas para la instalación de líneas aéreas



Nota. Tomada de Figura 230.A-1 Zona prohibida en la que no deberá instalarse líneas aéreas Código Nacional de Electricidad. (Ministerio de energía y minas, 2011).

Figura 14*Pruebas de aislamiento para red de distribución primaria*

Tipo de Condiciones	Red de Distribución Primaria	
	Aéreas	Subterráneas
Condiciones normales <ul style="list-style-type: none"> ▪ Entre fases ▪ De fase a tierra 	100 MΩ 50 MΩ	50 MΩ 20 MΩ
Condiciones húmedas <ul style="list-style-type: none"> ▪ Entre fases ▪ De fase a tierra 	50 MΩ 20 MΩ	50 MΩ 20 MΩ

Nota. Tomada de R.D. N° 018-2002-EM/DGE Pruebas de aislamiento para red de distribución primaria. (Ministerio de energía y minas dirección general de electricidad, 2002)

2.1.9 Levantamiento de observaciones

Las observaciones se realizan durante la ejecución de obra y su inspección, el levantamiento de estas se puede dar en sincronismo o también puede llevar a la paralización de una obra. Siempre se tiene que utilizar todos los recursos posibles para llegar a la finalización de la obra y de no poder llegar siempre dejar una constancia donde se certifique que la paralización de obra no viene por parte de la contratista sino por un tema de interrupción por terceros.

2.1.10 Reporte de avance de obra

Se debe llevar un monitoreo del avance de las obras porque permite tener un control de los ingresos y gastos, de esta manera junto con el liquidador de obras poder tener las provisiones de ingreso y gasto del mes.

2.1.11 Coordinaciones con clientes, población y terceros

En el caso de las empresas contratistas se tienen 2 clientes principales, la empresa distribuidora y los terceros, en ambos casos se deben realizar coordinaciones sobre el avance de obra y los por menores que puedan estar retrasándola. Normalmente los clientes terceros suelen hacer cambios por ampliaciones de sus operaciones o cambios a futuro de sus instalaciones, por lo que es conveniente estar constantemente haciendo coordinaciones para que todo quede a satisfacción de este, el caso es muy parecido con las empresas distribuidoras ya que pueden hacer cambios a ciertas partes de la línea para facilitar sus labores de mantenimiento entre otros.

2.1.12 Pruebas, puesta en servicio y finalización de obra

Finalmente se proceden con las pruebas y puesta en servicio según la resolución directoral R.D. N° 018-2002-EM/DGE y se hace entrega de la obra.

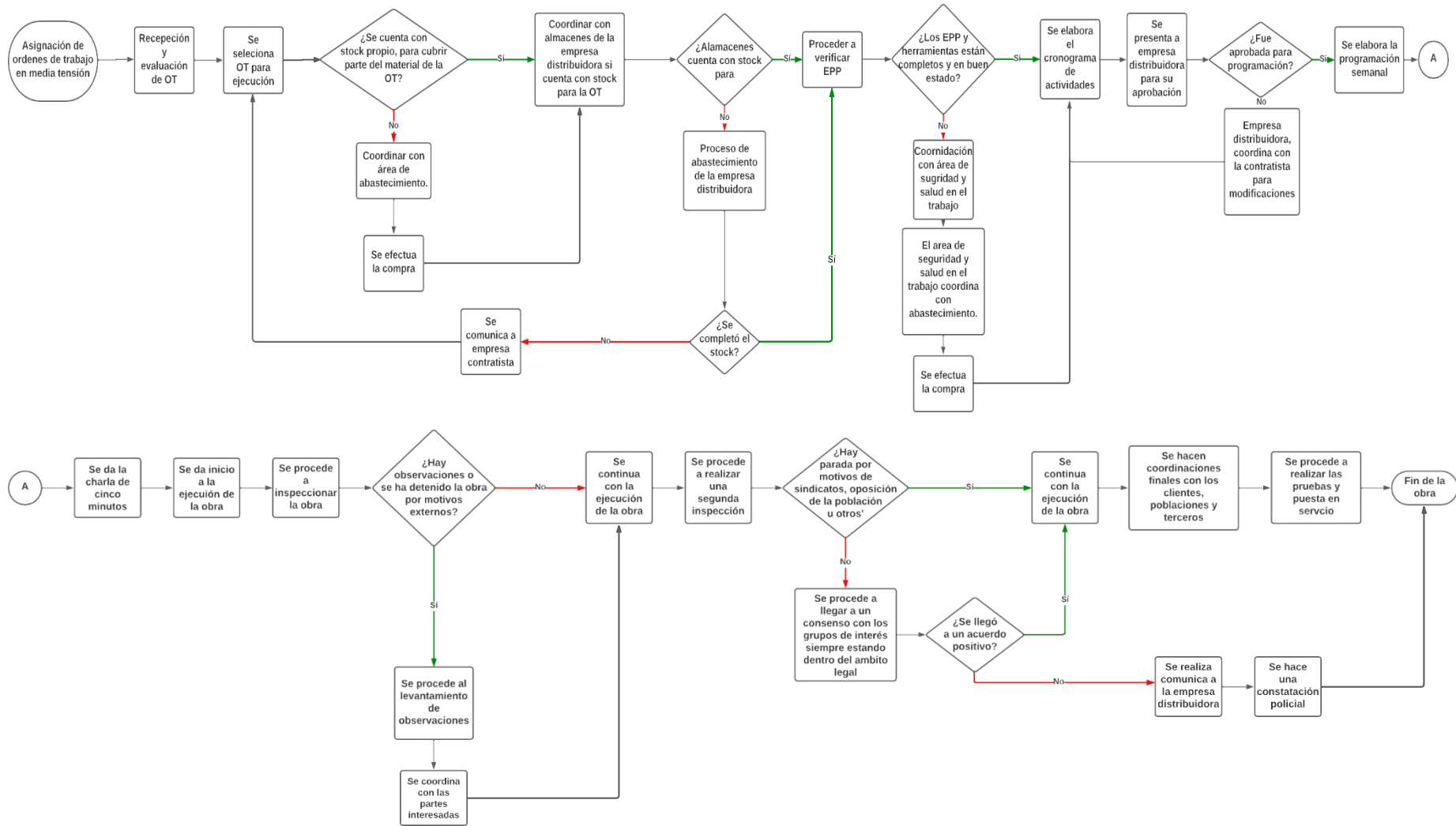
2.1.13 Diagrama de flujo del proceso de supervisión

Para ver de mejor manera la interacción entre la supervisión y las diversas áreas del proceso, se cree conveniente presentar un diagrama de flujo del proceso de supervisión.



Figura 15

Flujo de trabajo de supervisión



2.2 Flujo de trabajo de liquidación

Una vez el supervisor culmina con la obra, se procede a realizar la valorización, no sin antes hacer una revisión de la obra para que todo este conforme a las normas establecidas por el CNE y por la empresa distribuidora, el liquidador de obras se encarga del levantamiento de información y la revisión en campo de las líneas eléctricas tanto en baja como en media tensión, así como también de las subestaciones.

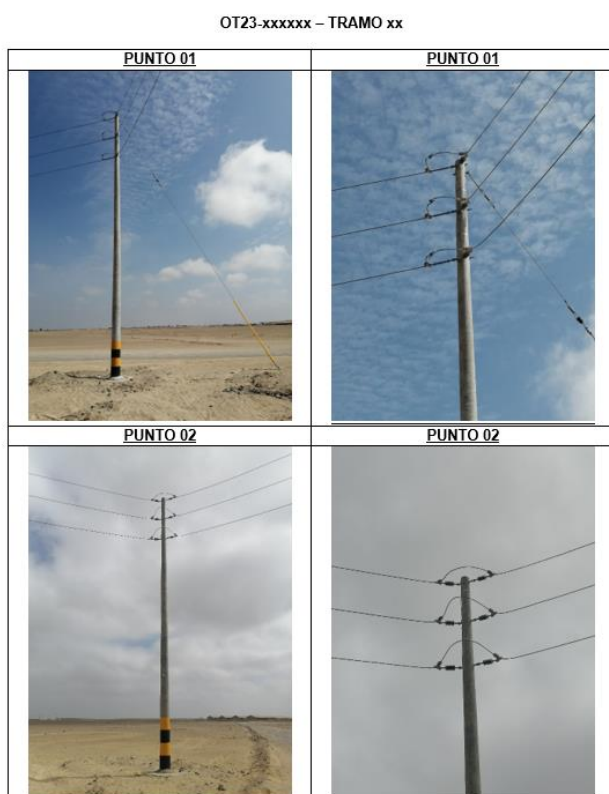
El liquidador de obras coordina directamente con la supervisión para tener control del avance de obra, así como también la devolución de los materiales sobrante, la gestión de los residuos y el control de gastos.

2.2.1 Recopilación de información de campo

La empresa distribuidora, suministra todo el material correspondiente, por lo que de haber sobrantes, es obligación de la empresa contratista el hacer la devolución del material sobrante, para ello es importante realizar un registro fotográfico punto por punto como evidencia visual de que material fue instalado, en la figura 15 se propone un formato de registro fotográfico donde se está tomando 2 puntos de una línea ejecutada, por cada punto se toma una foto alejada y una con acercamiento para dar un poco más de detalle de los componentes.

Figura 16

Modelo propuesto para registro fotográfico



Al mismo tiempo que se toman las fotografías correspondientes, deben tomarse las coordenadas de las estructuras existentes para poder georreferenciarlas en el plano. Se aprovecha también a tomar las medidas de las distancias mínimas de seguridad (dms), para tener la certeza de que por estructura se esté cumpliendo con la norma. Se revisa que los acabados sean los correctos y finalmente se pide a la supervisión los resultados de las mediciones de puestas a tierra y medidas de aislamiento de conductor, con la respectiva evidencia fotográfica para corroborarlo.

2.2.2 Observaciones de obra

Si al momento del levantamiento de información se detectaron observaciones de obra se procede a comunicar al supervisor el levantamiento de estas, ya que deben modificarse para poder proceder al armado del expediente de liquidación.

Otro condicionante para observación es revisar si se devolvió el material completo, de no haberse devuelto debe realizarse en la brevedad de lo posible para continuar con la valorización final, esto debido a que como también se hace un suministro de material por parte de la contratista, debe existir congruencia entre el material que se va a cobrar en la valorización con lo que muestra la evidencia fotográfica y las salidas de los almacenes.

2.2.3 Elaboración de expediente de liquidación y presentación para facturación

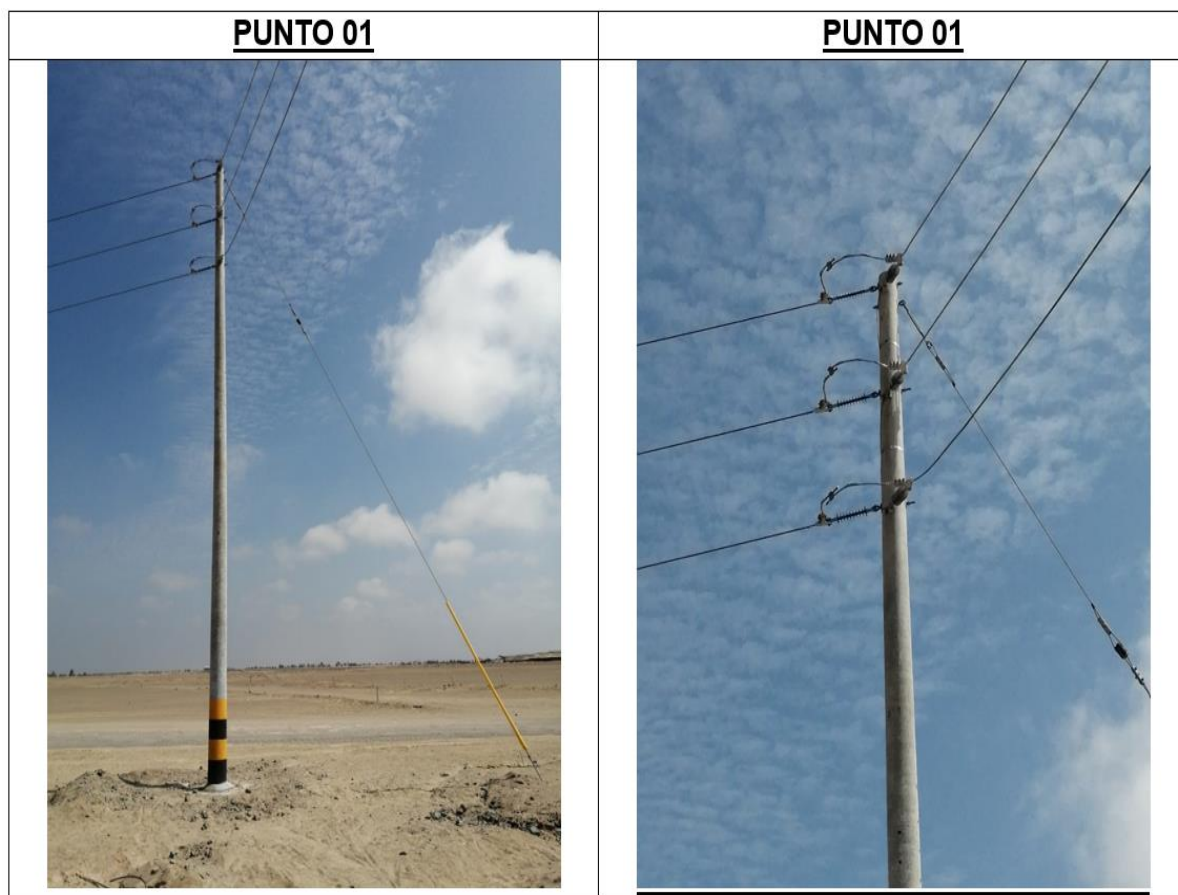
Una vez realizado el levantamiento de las observaciones, se procede a armar el expediente de liquidación, el cual debe contener la siguiente documentación:

- Archivo Excel de la valorización.
- Registro fotográfico.
- Plano de montaje en AutoCAD y pdf, los puntos nuevos deben estar georreferenciados.
- Plano de desmontaje en AutoCAD y pdf, en caso haya tenido que hacerse desmontaje de estructuras, conductor y otros.
- Formato de residuos en caso se hayan efectuado desmontajes.
- Protocolo de puesta a tierra con las evidencias fotográficas, las firmas de los encargados de la prueba y el equipo con el que se realizó.
- Protocolo de resistencia de aislamiento de conductores, con las evidencias fotográficas, firmas de los encargados de las pruebas y el equipo con el que se realizó.
- Constatación policial en caso se haya detenido la obra por oposición de la población u otros motivos.

Las valorizaciones van a depender mucho de los APU con lo que se haya hecho el contrato entre las empresas contratista y distribuidora, por lo que en muchas regiones del país encontraremos precios diferentes, estos precios son con los que se hacen las valorizaciones, cada servicio está codificado, a continuación, se presenta un ejemplo de valorización de una estructura, con ayuda de la figura 16 y la tabla 10

Figura 17

Armado de cambio de dirección sin ménsulas con retenida para ejemplo de valorización



TEC

Tabla 10*Valorización de un armado de cambio de dirección con retenida simple*

Código	Descripción	Unidad	Precio unitario	Cantidad	Total
IMT0001	Excavación de hoyos para postes en terreno normal.	Unidad	S/. 197.17	1	S/ 197.17
MOMT003	Traslado de poste de MT 13m de C.A.C. y/o Madera (Dentro de la Localidad)	Pieza	S/. 193.52	1	S/ 193.52
MOMT009	Montaje de Postes de 13m. de C.A.C.	Pieza	S/. 549.41	1	S/ 549.41
MOMT054	Señalización de riesgo eléctrico de estructuras/SED	Pieza	S/. 77.11	1	S/ 77.11
ISD0016	Excavación de hoyos para retenida en terreno normal	Unidad	S/. 225.24	1	S/ 225.24
MOMT037	Montaje de retenidas simple	Conjunto	S/. 230.39	1	S/ 230.39
MOMT032	Montaje de Conjunto Aislador polimérico tipo suspensión/anclaje.	Pieza	S/. 67.56	6	S/ 405.36
SUMT133	Cinta plana de armar preformado para conductor de Aluminio.	Metro	S/. 1.92	6	S/ 11.52
SUMT097	Conector cuña tipo AMPAC T de Aleación Cu/Sn, Tipo 602046-7, (120/120) mm ² incluye cartucho impulsor color AZUL	Unidad	S/. 96.98	3	S/ 290.94
ISD0076	MONTAJE DE CONECTOR TIPO AMPACT O MINIWEDGE	Unidad	S/. 15.87	3	S/ 47.61
				Total	S/ 2,228.27

Una vez elaborado el expediente de liquidación se procede a presentar a la empresa distribuidora para que se de conformidad y se pueda facturar, en esta etapa puede haber observaciones, las cuales se deben subsanar para que se pueda emitir la carta de conformidad, para esta parte del proceso rara vez se suelen presentar observaciones, pero puede darse el caso. Finalmente, una vez recibida la carta de conformidad, el área contable de la empresa procede a facturar.

2.2.4 Provisión de ingreso y gasto

Para la elaboración de la provisión de ingreso y gasto se deben declarar todas aquellas obras que hayan presentado avance en la ejecución, que hayan sido terminadas y que no hayan sido facturados, esto debido a que, de haberse facturado, se estaría duplicando un ingreso en el resultado del mes; es decir, se está declarando mayor resultado por un mismo costo.

En cuanto a la provisión de gasto, deben declararse todos aquellos gastos en los que se hayan incurrido y que aún no se hayan facturado por los proveedores de la empresa contratista para la ejecución de las obras declaradas en la provisión de ingreso, esto debido a que, si ya ha sido facturado, se estaría adicionando un costo por un mismo ingreso.

De lo antes mencionado, es importante tener en cuenta que una buena declaración de la provisión de ingreso y gasto se verá reflejado en el resultado de un área en particular, es decir permite ver el margen de beneficio para el área, es crucial tener en orden las provisiones, ya que es un buen diagnóstico para la toma de decisiones, las cuales pueden ser aumentar la productividad o reducir costos.

Para una correcta elaboración de las provisiones es crucial ir a ver los avances de obra a campo con el supervisor encargado, así como también coordinar con las áreas de servicios generales y contabilidad para poder aclarar cualquier duda y cerciorarse que todos los gastos e ingresos son conformes y van acorde al centro de costo del área correspondiente.

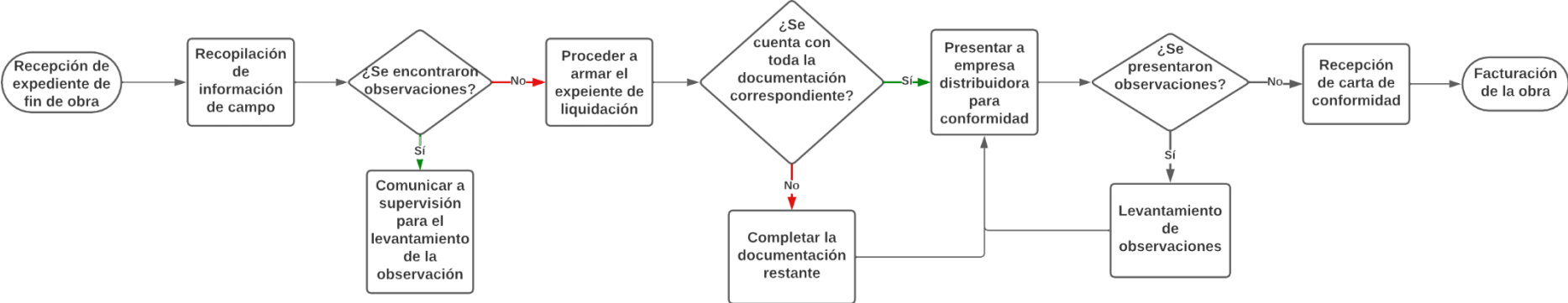
2.2.5 Diagrama de flujo del proceso de liquidación

Para ver de mejor manera la interacción entre el liquidador de obras y las diversas áreas del proceso, se conviene presentar un diagrama de flujo del proceso de liquidación.



Figura 18

Flujo de trabajo de liquidación



2.3 Retroalimentación supervisión – liquidación

Los procesos de supervisión y liquidación deben ir de la mano, tanto en la ejecución de obra como en la liquidación ya que permite ir revisando y recopilar la información de campo para poder verificar avance y elaborar los expedientes de liquidación.

Por lo conviene presentar 2 diagramas de flujo que muestren el flujo de trabajo desde que se empieza a ejecutar la obra en conjunto con la intervención del liquidador de obras, así como también el flujo de trabajo para la provisión de ingreso y gasto.



Figura 19

Flujo de trabajo supervisor - liquidador

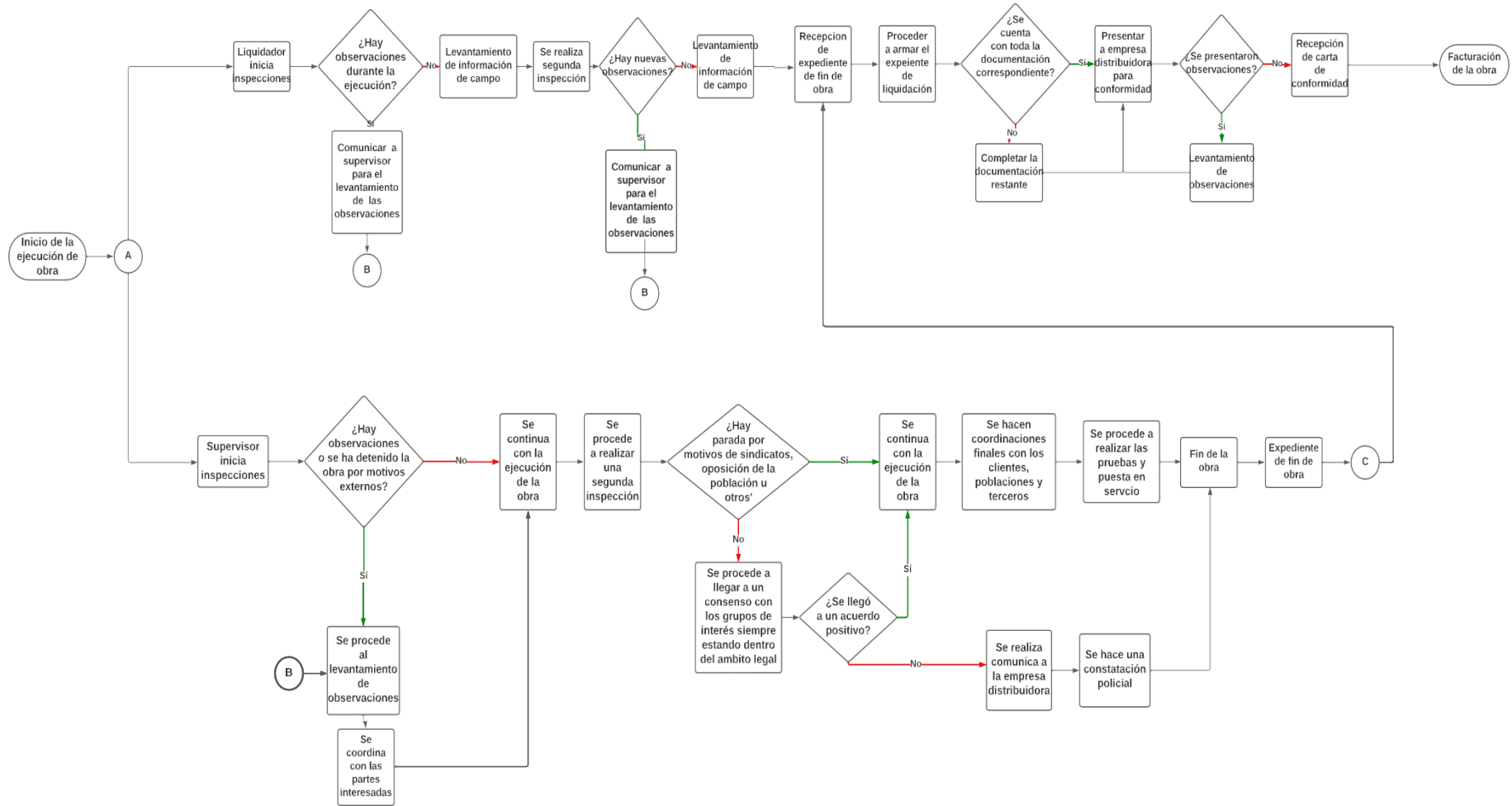
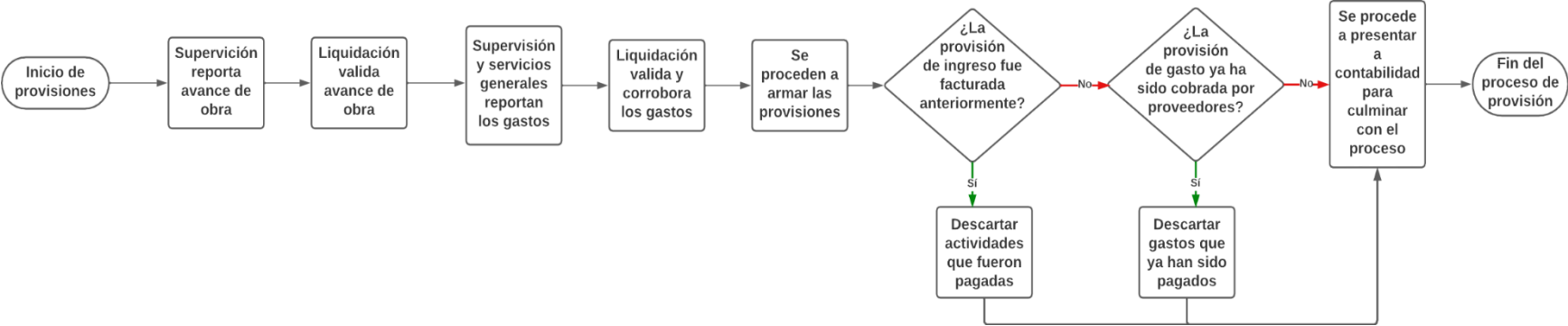


Figura 20

Flujo de elaboración de provisión de ingreso - gasto



Conclusiones

El protocolo elaborado permite la integración de más áreas a la búsqueda de mejoras, ya que, al dejar en claro cada parte del proceso, logra que otros colaboradores no solo del área sino de también de otras, puedan dar su opinión y buscar mejorar el proceso.

El protocolo reduce el tiempo de adaptación del nuevo personal, ya que puede leerlo y aplicarlo desde el primer día de trabajo. Muchas veces las personas tienden a entender mejor los procesos de manera visual que cuando se les explica, por lo que al contar con un diagrama de flujo de proceso se facilita más la comprensión.

La integración tanto de la ejecución como de la liquidación debe ser muy dinámica y en este trabajo se da pautas para poder lograr objetivos económicos integrando ambos puestos de trabajo, hay que entender que, como ingenieros, buscamos realizar un buen trabajo, pero no debemos descuidar la parte económica, he aquí la importancia de las provisiones de ingreso gasto, ya que mejora la toma de decisiones y permite evaluar la salud de un proyecto.

En las líneas de este trabajo se ha tratado sobre un tema en particular, el cual es la parada de actividades por diversos factores, uno de los cuales son los sindicatos y junta de pobladores, el protocolo también muestra una realidad bastante presente en nuestro país, la cual demuestra las falencias que aún tenemos como nación, muchos proyectos grandes de transmisión y distribución no se pueden llevar a cabo por este tipo de situaciones, siempre es importante tener en cuenta la parte ética para poder superar estos momentos y sobre todo mantenerse conforme a la ley.

El trabajo elaborado, va de acuerdo con la normativa peruana para la ejecución de obras, así como también para la seguridad y salud en el trabajo, si bien se debe cumplir con lo estipulado según norma, es muy importante tener en cuenta que, si se cuentan con metodologías e implementación mejor a la que puede estar en el código nacional u otras disposiciones, se prefiere siempre ir por lo mejor, cuando se trata de la vida de nuestros colaboradores y de nuestros clientes, no se puede escatimar.



Recomendaciones

Las recomendaciones se centrarán en el flujo combinado de supervisión con liquidación, ya que es donde se deben unificar ambas partes y sobre todo es lo que permite que las obras se puedan facturar en el menor tiempo posible, se cree conveniente ir colocando apartados para entender mejor como debe complementarse el proceso.

Inspección en campo conjunta

Uno de los principales motivos de observación por parte de los liquidadores y las empresas contratistas al expediente de liquidación son los incumplimientos de la normativa al momento de la ejecución y también los resultados de los protocolos.

En el caso de líneas eléctricas MT bastante extensas y además poseen gran cantidad de estructuras, pueden generarse errores por parte del personal técnico debido a que suelen apurarse en sus labores, es por esto por lo que las inspecciones se realizan periódicamente por los supervisores junior y senior, pero la validación viene por parte del liquidador de obras, por lo que se recomienda que las inspecciones se hagan en conjunto ya que de esta manera se puede ir levantando información y también observaciones, con ello se disminuye el tiempo de liquidación de una obra.

El error más común en cuanto al incumplimiento de normativa es el de la medición de distancias mínimas de seguridad, usualmente se suele colocar al borde de los límites de propiedad para hacer la medición con cinta métrica o muchas veces también lo hacen como se dice en el argot laboral "a ojo de buen cubero", lo cual puede ser peligroso, ya que muchos accidentes pueden darse por no mantener las distancias mínimas. En este caso la recomendación es la de adquirir equipos como lo puede ser un medidor laser o en el mejor de los casos una estación total si en caso se quiere ser más preciso.

Control de material

El principal motivo de espera para la facturación de una valorización son las diferencias de material, por lo que tener un buen control permite finalizar rápidamente la valorización. Como se dijo en apartados anteriores la sinergia que debe tener el supervisor con el liquidador debe ser muy efectiva, ya que de tener el control del material en todo momento el riesgo de observaciones será nulo o mínimo.

Provisión de ingreso y gasto

En este caso, el supervisor es el que entrega el avance de las obras al liquidador, pero se considera una mejor opción en cuanto al ahorro de tiempo, el que el liquidador de obras pueda ir a campo en conjunto con el supervisor y preparen la provisión de ingreso ya validada y lista para entrega. El beneficio es que permite tener la completa certeza de que lo declarado sea una fiel representación de los servicios encontrados en campo, de esta manera no se cae en el error de tener provisión en exceso.



Referencias

- Álvarez, A. F. (2009). Antonio Fayos Álvarez. En A. F. Álvarez, Antonio Fayos Álvarez (pág. 672). Valencia: Universitat Politècnica de València.
- Distriluz. (10 de 2019). Instructivo Conector AMPACT y Miniwedge Distriluz. Obtenido de es.scribd.com.
- Electrocastillo. (2023). Seccionador Unipolar tipo cuchilla 12Kv o 24Kv 400/630 AMP [Imagen]. Obtenido de electrocastillo: <http://electrocastillo.com/>
- Márquez, R. G. (1991). La puesta a tierra de instalaciones eléctricas y el R.A.T. Barcelona: Marcombo.
- Ministerio de energía y minas. (2011). Código nacional de electricidad - Suministro. Lima: Ministerio de energía y minas.
- Ministerio de energía y minas dirección general de electricidad. (2001). Manual de interpretación del código nacional de electricidad - Suministro. Lima: Ministerio de energía y minas.
- Ministerio de energía y minas dirección general de electricidad. (2002). Norma de procedimientos para la elaboración de proyectos y ejecución de obras en sistemas de utilización en media tensión en zonas de concesión de distribución. Lima: Ministerio de energía y minas.
- Pedrozo Carrillo, J. (20 de Noviembre de 2021). Pruebas a equipos seccionadores en subestaciones eléctricas. Universidad Antonio Nariño, pág. 14.
- Puentes Leal, C. Y. (2009). Elaboración de una base de datos de presupuestos y análisis de precios unitarios para los proyectos de infraestructura de la secretaría de planeación del municipio de Piedecuesta. Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, Bucaramanga.
- Wieland, E. (2013). La supervisión (o pensar juntos). Revista de Psicopatología y salud mental del niño y del adolescente, págs. 89-94. Obtenido de fundacioorienta.com.