

**UNIVERSIDAD MAYOR REAL Y PONTIFICIA DE SAN
FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
MECA-ELECTRÓNICAS**

INGENIERÍA ELÉCTRICA



MONOGRAFÍA

**DISEÑO DE POSTE METÁLICO ABATIBLE PARA ALUMBRADO
PÚBLICO EN LAS VÍAS PÚBLICAS DE SUCRE.**

POSTULANTE: David Gallardo Muñoz

“Trabajo presentado para obtener el título de licenciado en Ingeniería Eléctrica, otorgado, por la Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca”.

SUCRE – BOLIVIA

2024

CECIÓN DE DERECHOS

Al presentar este trabajo de estudio, requisito previo para obtener el título de licenciado en Ingeniería Eléctrica de la Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, autorizo y cedo mis derechos de autor a la biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas Meca-Electrónicas.

Permito que este trabajo esté disponible para lectura según las normas de la facultad, y se utilice como material didáctico dentro del reglamento institucional, siempre que no implique ganancia económica. Asimismo, cedo a la universidad los derechos de publicación de este estudio.

David Gallardo Muñoz

CI:7540519

Sucre, agosto 2024

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por ser el inspirador, darme fuerza y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre, por darme la vida, y guiarme desde el cielo en cada paso que fui dando en mi formación profesional llevándome siempre por el camino del bien.

A mi Padre Valentín Gallardo Velásquez y hermanos Víctor, Julio, Pánfilo, Clemente, Humberto, Florentino, Juan Carlos, Felicidad, Juana, María, Dominga Gallardo Muñoz, por su cariño, consejos, por el apoyo y motivación constante que me dieron para culminar mi carrera profesional.

Y demás familiares, por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida, han sido la fortaleza para seguir siempre adelante.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por bendecirme, guiarme, por ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

Agradezco principalmente a mi padre Valentín Gallardo Velázquez y mis hermanos Víctor, Julio, Pánfilo, Clemente, Humberto, Florentino, Juan Carlos, Felicidad, Juana, María, Dominga Gallardo Muñoz, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas.

Agradezco a la U.M.R. P.S.F.X.CH. y a los docentes de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicada Meca-Electrónicas, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de mi formación.

Finalmente, quiero agradecer al Ing. Adalid Ramiro Michel Espinoza, principal colaborador durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

RESUMEN

Este trabajo de estudio se centra en el diseño de un poste metálico abatible de acero galvanizado para alumbrado público, adaptado a las condiciones y necesidades específicas de las futuras avenidas de Sucre. La propuesta busca proporcionar una solución eficiente, segura y práctica para el mantenimiento y operación del alumbrado público, facilitando la instalación o reemplazo de luminarias a largo plazo, siempre y cuando el cableado eléctrico del sistema de alumbrado público sea subterráneo o con luminarias autosustentables.

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó una metodología mixta que combina investigación documental, análisis de campo y diseño técnico. La investigación documental incluye la revisión de estudios previos, normativas vigentes y tecnologías disponibles en el mercado. El análisis de campo, en la evaluación de las condiciones actuales de la infraestructura de alumbrado en Sucre, identificando las necesidades específicas. Finalmente, el diseño técnico se enfoca en la creación de un prototipo de poste metálico abatible, considerando aspectos de ingeniería, materiales y costos.

La implementación del poste metálico abatible para el alumbrado público en Sucre mejorará significativamente la eficiencia y seguridad del mantenimiento de la iluminación urbana, estos postes permiten un acceso fácil y seguro a las luminarias, reduciendo el uso de grúas, plataformas elevadoras y los riesgos asociados al mantenimiento en altura. Ofrecen una mayor durabilidad y resistencia a las condiciones climáticas adversas, lo que contribuye a una vida útil más larga del sistema de alumbrado, esto se alinea con los objetivos de sostenibilidad y modernización urbana de Sucre.

Finalmente, el diseño de poste metálico abatible reducirá los costos operativos y de mantenimiento a largo plazo. Al eliminar la necesidad usar de grúas y otros equipos especializados, se disminuirán los gastos y se incrementará la eficiencia del proceso de mantenimiento.

ÍNDICE TEMÁTICO

CAPÍTULO I.....	1
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2.1 Formulación del problema.....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.3.1 Justificación Económica	4
1.3.2 Justificación Técnica.	5
1.3.3 Justificación Social	5
1.4 METODOLOGÍA.....	6
1.4.1 Métodos	6
1.4.2 Técnicas e Instrumentos	7
1.5 OBJETIVOS.....	8
1.5.1 Objetivo General.....	8
1.5.2 Objetivos Específicos	8
CAPÍTULO II.....	9
2 DESARROLLO	9
2.1 MARCO CONTEXTUAL.....	9
2.1.1 Alumbrado público en Sucre	9
2.1.1.1 Tipos de luminarias utilizadas para la iluminación	9
2.1.1.2 Infraestructura	10
2.1.1.3 Mantenimiento y gestión	10
2.1.1.4 Aspectos generales e instalaciones subterráneas para alumbrado público	11
2.1.1.5 Arreglo geométrico del alumbrado público en calles y avenidas de Sucre.....	11
2.1.1.6 Características eléctricas del alumbrado público en Sucre.	12
2.1.1.7 Condiciones ambientales en Sucre.	12
2.1.2 Características que debe cumplir el poste metálico abatible.....	13
2.1.3 Requerimiento y exigencias del poste metálico abatible.....	14
2.1.3.1 Requerimiento de poste abatible según los ambientes a iluminar	14
2.1.3.2 Exigencias que debe cumplir el poste metálico abatible.....	15
2.1.3.3 Especificaciones técnicas que debe cumplir el poste metálico abatible.....	16
2.1.3.4 Especificaciones técnicas para sistema de anclaje base del poste.....	17
2.1.3.5 Recomendación de altura y espaciado para instalación de luminarias en los postes metálicos abatibles en Sucre.	17

2.1.4 Normativas y estándares técnicos	18
2.1.4.1 Distancias de Seguridad	19
2.2 MARCO TEÓRICO	20
2.2.1 Alumbrado Público	20
2.2.1.1 Mantenimiento en el alumbrado Público	20
2.2.1.2 Sistema de alumbrado público	21
2.2.2 Luminarias de alumbrado público	21
2.2.2.1 Luminarias de vapor de sodio	21
2.2.2.2 Luminarias LED	22
2.2.2.3 Luminarias Autosustentables	22
2.2.2.4 Clasificación de las luminarias	23
2.2.2.5 Localización de las luminarias	23
2.2.2.6 Tipos de disposiciones luminarias	24
2.2.2.7 Clase de iluminación de acuerdo al tipo de vía	25
2.2.3 Brazo metálico para alumbrado público	27
2.2.4 Poste de alumbrado público	27
2.2.4.1 Postes de madera tratada	28
2.2.4.2 Postes de hormigón armado	28
2.2.4.3 Postes metálicos de acero	29
2.2.4.4 Postes metálicos de aluminio	30
2.2.5 Postes de acero galvanizado vs postes aluminio en la actualidad	30
2.2.5.1 Ventajas y desventajas de postes de alumbrado público de aluminio	31
2.2.5.2 Ventajas y desventajas de postes de alumbrado público de acero	32
2.2.5.3 Matriz comparativa de postes metálicos para alumbrado público	32
2.3 INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS	34
2.4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	35
2.5 CONSIDERACIONES DE DISEÑO	36
2.5.1 Elementos del poste metálico abatible de acero galvanizado	37
2.5.1.1 Poste abatible	37
2.5.1.2 Articulación	38
2.5.1.3 Mecanismo de Bloqueo	38
2.5.1.4 Winche manual	38
2.5.1.5 Placa base para el montaje	39
2.5.1.6 Sistema de anclaje	39
2.5.1.7 Puesta a Tierra	39
2.5.1.8 Accesorios de montaje	40
2.5.2 Determinación de Parámetros de Diseño	40

2.5.2.1 Condiciones climáticas en Sucre	40
2.5.2.2 Características eléctricas del alumbrado público en Sucre	41
2.5.2.3 Normativas aplicables para la fabricación del poste abatible.	41
2.5.2.4 Requerimientos técnicos y particulares del poste abatible	42
2.5.2.5 Cargas sobre los postes abatibles a considerar.....	43
2.5.2.6 Cálculo de cargas mecánicas sobre el poste abatible	45
2.5.2.7 Características del recubrimiento	50
CAPÍTULO III.....	52
3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
3.1 CONCLUSIONES.....	52
3.2 RECOMENDACIONES	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
ANEXOS.....	57
ANEXO A: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL POSTE ABATIBLE.....	
ANEXO B: PLANOS DE DISEÑO DEL POSTE METÁLICO ABATIBLE.....	
ANEXO C: COSTOS DE FABRICACIÓN DEL POSTE ABATIBLE METÁLICO	
ANEXO D: EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	
ANEXO E: TABLAS Y CUADROS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Nivel de tensión del alumbrado público Sucre.	12
Tabla 2-2: Dimensiones recomendadas para fabricación de postes metálicos.	16
Tabla 2-3: Altura de montaje recomendada para luminarias	24
Tabla 2-4: Clases de iluminación para diferentes tipos de vías.	25
Tabla 2-5: Criterios Admitidos según el tipo de vía.....	26
Tabla 2-6: Matriz comparativa de postes metálicos de aluminio y acero galvanizado	33
Tabla 2-7: Resumen de condiciones diseño que deben cumplir en el poste.	34
Tabla 2-8: Condiciones climáticas en Sucre	40
Tabla 2-9: Resumen detallado de parámetros de diseño del poste abatible	43
Tabla 2-10: Requisitos de galvanizado en el poste abatible.	51
Tabla A-1: Características técnicas del poste metálico abatible.	
Tabla C-1: presupuesto del poste metálico abatible.....	
Tabla D-1: comparación de precios entre un poste metálico fijo con un abatible.....	
Tabla E-1: Detalle dimensiones para la fabricación del anclaje para postes metálicos.	

ÍNDICE FIGURAS.

Figura E-1: Esquema ilustrativo de distancias de seguridad en alumbrado público	
Figura E-2: Luminaria vapor de sodio	
Figura E-3: Luminaria led	
Figura E-4: Kit de luminaria autosustentable	
Figura E-5: Luminaria solar para alumbrado publico.....	
Figura E-6: Disposición unilateral de luminarias.....	
Figura E-7: Disposición bilateral alternada de luminarias	
Figura E-8: Disposición de luminarias bilateral en posición	
Figura E-9: Disposición central sencilla de luminarias	
Figura E-10: Disposición central doble de luminarias	
Figura E-11: Brazo metálico para luminaria.....	
Figura E-12: Vista isométrica de poste abatible.	
Figura E-13: Vista isométrica del poste en posición de abatimiento.....	
Figura E-14: Vista isométrica de poste abatible parte fija	
Figura E-15: Vista isométrica de poste abatible parte móvil	
Figura E-16: Vista isométrica de la articulación de poste abatible.....	
Figura E-17: Zoom de la articulación en posición de abatimiento	
Figura E-18: Zoom de la articulación en posición vertical.....	
Figura E-19: Articulación y base del poste superior	
Figura E-20: Sistema de articulación	
Figura E-21: Articulación y punta de poste base	
Figura E-22: Punta de poste base	
Figura E-23: Vista lateral sistema de bloqueo poste abatible	
Figura E-24: Vista isométrica sistema de bloqueo poste abatible.	
Figura E-25: Ojales y winche	
Figura E-26: Conjunto adaptado winche y abrazadera regulable	
Figura E-27: Detalle de placa base.....	
Figura E-28: Detalle de pernos de anclaje.....	
Figura E-29: Cimentación de concreto	
Figura E-30: Detalle completo de placa base, perno de anclaje y sistema de tierra.....	
Figura E-31: Área de impacto del viento en un poste de alumbrado público	
Figura E-32: Características del acero galvanizado utilizado.	
Figura E-33: Fuerza transversal aplicada	
Figura E-34: Fuerza transversal aplicada a 8 metros de la base.....	
Figura E-35: Resultados de la simulación por carga transversal	

Figura E-36: Tensión de von mises	
Figura E-37: Primera tensión principal.....	
Figura E-38: Tercera tensión principal	
Figura E-39: Desplazamiento.....	
Figura E-40: Factor de seguridad para carga transversal	
Figura E-41: Cargas verticales que actúan sobre el poste abatible.....	
Figura E-42: Fuerza vertical aplicada	
Figura E-43: Fuerza vertical aplicada en el buje de articulación.....	
Figura E-44: Resultados de la simulación por carga vertical	
Figura E-45: Tensión de von mises	
Figura E-46: Primera tensión principal.....	
Figura E-47: Tercera tensión Principal	
Figura E-48: Desplazamiento.....	
Figura E-49: Factor de seguridad para carga vertical	

1 INTRODUCCIÓN

Según (Hurtado, 2015), en el ámbito de la ingeniería eléctrica la iluminación pública es un componente esencial en la infraestructura de cualquier ciudad, ya que proporciona seguridad, bienestar y una adecuada visibilidad a sus habitantes, que coadyuvará al normal desarrollo de las actividades de todos los ciudadanos cuando la luz del día sea insuficiente.

En la ciudad de Sucre, capital del departamento de Chuquisaca, la demanda de energía eléctrica para alumbrado público está en constante aumento debido al crecimiento de los barrios y a la creación de nuevas urbanizaciones con proyección de calles y avenidas futuras que con seguridad requerirán este servicio. Por lo tanto, cada vez más se realizan nuevas expansiones de redes eléctricas para poder suministrar energía eléctrica a las nuevas viviendas, por ende, al alumbrado público.

La propuesta busca proporcionar una solución eficiente y práctica para la operación y mantenimiento del alumbrado público en Sucre, facilitando su instalación y conservación en las futuras avenidas, donde el Gobierno Municipal es el único responsable de realizar las gestiones para brindar este servicio a la población.

La necesidad de modernizar y mejorar el sistema de alumbrado público es una prioridad debido al crecimiento urbano y a la necesidad de mantener espacios públicos seguros y bien iluminados. En este contexto, el diseño y la implementación de un poste metálico abatible para el alumbrado público adaptado a las condiciones y necesidades específicas de las avenidas futuras de Sucre juega un papel importante, especialmente en áreas urbanas donde el espacio es limitado siendo las aceras, calzadas de las calles y avenidas demasiado angostas, ofreciendo ventajas significativas a la hora de realizar el mantenimiento o reemplazo de luminarias sin la necesidad de usar camión grúa o escalera.

1.1 ANTECEDENTES

Actualmente en la mayoría de los países se están dejando de usar los postes metálicos fijos para el alumbrado público, pasando utilizar los postes metálicos abatibles con la finalidad de eliminar los trabajos en altura y reducir los costos empleados por mantenimiento.

Las ciudades de nuestro país, al igual que muchas otras ciudades de América Latina, enfrentan desafíos significativos en la gestión y mantenimiento de su infraestructura de alumbrado público. Los postes de alumbrado convencionales, generalmente fijos y de materiales diversos, presentan dificultades en el mantenimiento o reemplazo de luminarias debido a su altura de instalación y la necesidad de usar equipos especializados para acceder hasta las luminarias.

En la gestión 2009, se aprobó la actual Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia, en la que se establece en el Art. 302 párrafo I, inc. 30 que es competencia exclusiva de los gobiernos municipales autónomos realizar financiamiento, operación y el mantenimiento del Servicio de Alumbrado Público, en su jurisdicción.

En Sucre para iluminar las avenidas se insertan postes metálicos convencionales fijos en el separador central de la avenida constituidos por dos brazos metálicos que se encargan de sostener las luminarias para iluminar ambos lados de la misma, en los que se dificulta realizar el mantenimiento y reemplazo de luminarias debido a que se instalan en alturas considerables y poco accesibles, lo que hace imprescindible el uso de un camión grúa con canasta, plataforma elevadora y otros, que si bien con estos equipos se logra acceder fácilmente a la luminarias su uso no es nada económico, además de alargar el tiempo empleado en el trabajo ya que se debe señalizar al inicio, recoger los elementos de señalización al terminar y exponer a riesgos de trabajo en altura al personal.

En este contexto, el diseño de un poste metálico abatible surge como una alternativa innovadora que podría mejorar significativamente la operatividad y seguridad del sistema de alumbrado público en Sucre.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una de las principales dificultades al realizar mantenimiento en instalaciones de alumbrado público es el acceso a las luminarias que se instalan en postes metálicos fijos altos, que requieren el uso de equipos de elevación como grúas con canasta, andamios o plataformas elevadoras para realizar cualquier intervención, lo que no solo encarece el proceso, sino que también implica riesgos adicionales en términos de seguridad para los trabajadores que trabajan a alturas elevadas y están expuestos a riesgo de caídas, por lo tanto, el mantenimiento de alumbrado público suele ser complejo y costoso en comparación con el realizado a nivel del suelo, debido a la necesidad de utilizar equipos especiales, mayor tiempo de trabajo y la contratación de personal capacitado en trabajos en altura, lo que incrementa los costos operativos y el tiempo requerido para realizar esta tarea.

En nuestra ciudad al contar con calles y avenidas de aceras y calzadas demasiado angostas se hace dificultoso realizar el mantenimiento o cambio de luminarias del alumbrado público con camión grúa canasta a cualquier hora del día, ya que se provocaría una interrupción en la circulación del tráfico vehicular alterando de esta manera el orden y provocando un malestar en la población. Por lo tanto, es necesario diseñar una solución que permita un acceso más fácil y seguro a las luminarias, reduciendo los costos económicos y mejorando la eficiencia del servicio. Además, la falta de mantenimiento adecuado puede derivar en una iluminación deficiente, afectando la seguridad y la calidad de vida de los habitantes.

1.2.1 Formulación del problema

¿Será factible diseñar un poste metálico abatible de acero galvanizado para alumbrado público que mejore la eficiencia y seguridad laboral en el mantenimiento de luminarias en las futuras avenidas de Sucre?

1.3 JUSTIFICACIÓN

La implementación de un poste metálico abatible de acero galvanizado para el alumbrado público en Sucre representa una solución viable y eficiente para los

problemas de mantenimiento y operación actuales. Este tipo de poste permite abatir la estructura para realizar tareas de mantenimiento a nivel del suelo, eliminando la necesidad de usar equipos de elevación y reduciendo significativamente los riesgos para los trabajadores. Además, el poste metálico abatible de acero galvanizado ofrece una mayor durabilidad y resistencia frente a condiciones climáticas adversas, lo que contribuye a una vida útil más larga del sistema de alumbrado.

En el presente trabajo, el estudio y diseño de un poste abatible se muestra como una solución innovadora para la instalación no solo de luminarias que necesariamente cuenten con cableado eléctrico subterráneo, sino también se podrán instalar luminarias autosustentables sin inconveniente alguno, así poder iluminar las zonas públicas y mantenerlos funcionando todo el tiempo sin interrupciones. Permitirá reducir el uso de herramientas que implican un costo adicional en su traslado obteniendo de esta manera un ahorro económico significativo a largo plazo, incrementando seguridad y bienestar de los ciudadanos.

1.3.1 Justificación Económica

La implementación de postes metálicos abatibles de acero galvanizado para el alumbrado público en las avenidas de Sucre presenta ventajas económicas a largo plazo. Aunque la inversión inicial en postes abatibles de acero galvanizado es ligeramente superior a la de postes metálicos fijos convencionales, los costos asociados al mantenimiento y reparaciones de luminarias a lo largo de su vida útil son significativamente menores.

El diseño del poste abatible reduce la necesidad de utilizar equipos pesados y especializados para tareas de mantenimiento, como reemplazo de luminarias o reparaciones, lo que disminuye los costos operativos y reduce los tiempos de intervención. Además, la durabilidad de los materiales utilizados (como el acero galvanizado ASTM A36) asegura una larga vida útil, minimizando los costos de reemplazo y reduciendo el impacto económico en las arcas municipales. Aumentando la capacidad de realizar mejoras y expansiones en la infraestructura de iluminación urbana.

1.3.2 Justificación Técnica.

Desde la perspectiva técnica, la implementación de postes metálicos abatibles para el alumbrado público en Sucre responde a la necesidad de adaptar la infraestructura urbana a las demandas actuales en términos de eficiencia y flexibilidad para el mantenimiento de luminarias, por lo tanto, el poste abatible se diseñará considerando la altura necesaria para que la luminaria instalada brinde una buena iluminación en las avenidas, además de considerar que el material con el que se fabricara el poste presente excelente resistencia a la corrosión y resistencia mecánica para garantizar la estabilidad y seguridad de la infraestructura durante su funcionamiento en condiciones ambientales adversas como fuertes vientos y tormentas en el contexto.

El mecanismo abatible del poste permite un acceso fácil y seguro para el mantenimiento, sin comprometer la integridad estructural del poste. Esto no solo facilita las intervenciones rápidas en caso de fallas, sino que también permite una actualización tecnológica más sencilla mejorando la eficiencia energética del sistema de alumbrado público.

Desde la perspectiva tecnológica, el diseño de un poste abatible para alumbrado público constituye una frontera de innovación en ingeniería eléctrica y mecánica. La implementación de un poste metálico abatible para la instalación de luminarias de alumbrado público representa una solución alternativa y técnica innovadora, eficiente, que ofrece una serie de beneficios en técnicas de optimización del espacio utilizado para dar mantenimiento, seguridad al personal, accesibilidad y eficiencia operativa.

1.3.3 Justificación Social

Socialmente, la implementación de postes metálicos abatibles en el alumbrado público mejora la seguridad y el bienestar de los habitantes de Sucre, un sistema de alumbrado público fiable y de fácil mantenimiento asegura que las calles y avenidas estén adecuadamente iluminadas, lo que contribuye a la reducción de accidentes viales y mejora la percepción de seguridad entre los ciudadanos.

Además, la reducción en el tiempo de inactividad durante el mantenimiento o reemplazo de luminarias en postes abatibles minimiza las interrupciones en el servicio, lo que es importante para mantener la actividad comercial y social en la ciudad. Al garantizar un entorno más seguro y mejor iluminado, se promueve una mayor participación comunitaria en actividades nocturnas y se apoya el desarrollo socioeconómico local.

1.4 METODOLOGÍA

La investigación se llevará a cabo mediante un enfoque mixto que combina diseño de ingeniería eléctrica y mecánica, empezando con la identificación de los requisitos funcionales y técnicos, seguido de un análisis de casos existentes de los postes utilizados para alumbrado público, lo que permitirá identificar buenas prácticas y desafíos específicos. Esto facilitará una evaluación eficiente de la viabilidad técnica para la propuesta de diseño.

Para el diseño del poste metálico abatible para el alumbrado público en Sucre, se llevará a cabo una revisión exhaustiva de la literatura especializada en el tema, así como un análisis de normativas y estándares vigentes. Se realizarán simulaciones de resistencia estructural para validar la viabilidad y eficacia del diseño propuesto, tomando en cuenta las condiciones específicas de Sucre. La metodología también incluirá un análisis de costos y viabilidad para su implementación en el municipio de Sucre.

1.4.1 Métodos

La investigación sobre el diseño de un poste metálico abatible para la instalación de luminarias de alumbrado público en Sucre se llevará a cabo mediante un enfoque de diseño de ingeniería integral que incluye:

- ✓ **Identificación de requisitos:** Se realizará un estudio detallado de los requisitos funcionales y técnicos necesarios para diseñar un poste para alumbrado público en Sucre, considerando factores como la ubicación, el tipo de luminarias a instalar y las condiciones ambientales. Esto conlleva

analizar la necesidad actual de nuestra ciudad identificando las especificaciones técnicas requeridas para garantizar que el poste sea una alternativa capaz de cubrir las exigencias para las que ha sido creado, cumpliendo normativas y estándares existentes en este ámbito.

- ✓ **Análisis de Casos existentes:** Se llevará a cabo un estudio detallado comparativo de casos de instalación de luminarias en postes metálicos fijos con la finalidad de identificar la mejor opción posible que se adecue a los espacios reducidos que se tiene en nuestra ciudad para llevar a cabo la instalación y mantenimiento como también reduzca el tiempo, personal empleado y el uso de herramientas a la hora de realizar el trabajo. El análisis de casos proporcionará información valiosa sobre la viabilidad práctica y la eficiencia de soluciones existentes.
- ✓ **Diseño Asistido por Computadora (CAD):** Se utilizarán herramientas de diseño asistido por computadora (CAD) para el diseño y modelación del prototipo del poste metálico abatible para la instalación de luminarias de alumbrado público. Estas herramientas permitirán la visualización tridimensional y la simulación de cargas del diseño propuesto. El uso de CAD facilitará la iteración rápida en la fase de diseño, permitiendo ajustes eficientes según los criterios técnicos y estéticos identificados.
- ✓ **Determinación de costos:** Se realizará un análisis detallado de la viabilidad técnico - económica de implementación del poste metálico abatible para la instalación del alumbrado público en nuestra ciudad.

1.4.2 Técnicas e Instrumentos

- ✓ **Software CAD:** Para el diseño y desarrollo del prototipo virtual del poste abatible, se utilizará software de CAD, Autodesk Inventor. Esta herramienta permitirá la modelización precisa del poste y facilitará la evaluación técnica y estética posibilitando también realizar ajustes antes de su construcción.
- ✓ **Evaluación de costos:** Se emplearán herramientas de análisis financiero para determinar la rentabilidad y viabilidad económica del proyecto.

La combinación de estos métodos, técnicas e instrumentos proporcionará un enfoque integral para abordar los aspectos técnicos y estéticos en el diseño de un poste para instalación de luminarias de alumbrado público.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

Desarrollar el diseño de un poste metálico abatible de acero galvanizado para alumbrado público, capaz de mejorar la eficiencia, seguridad laboral y reducir los costos de mantenimiento de luminarias en las futuras avenidas de Sucre y que sea técnica y económicamente factible implementar.

1.5.2 Objetivos Específicos

- ✓ Determinar, las características que debe cumplir el poste metálico abatible en función a requerimientos y exigencias de las normativas vigentes de alumbrado público.
- ✓ Analizar diferentes alternativas posibles considerando aspectos técnicos y de seguridad en el diseño de postes para la instalación de luminarias.
- ✓ Realizar una matriz comparativa de postes metálicos convencionales fijos de aluminio, acero galvanizado y postes abatibles de acero galvanizado para identificar y resaltar las bondades de este último frente a los dos primeros.
- ✓ Diseñar un prototipo innovador de poste metálico abatible para la instalación de luminarias de alumbrado público en Sucre, utilizando software de diseño avanzado.
- ✓ Analizar la viabilidad técnica y económica para la implementación del poste abatible en nuestro medio.

2 DESARROLLO

2.1 MARCO CONTEXTUAL

El alumbrado público en Sucre es un aspecto esencial para la seguridad, la funcionalidad y la estética de la ciudad. Considerando su carácter histórico y patrimonial, hoy en día las luminarias se instalan en postes metálicos fijos de uno o dos brazos, de acuerdo a la necesidad y tipo de ambiente a iluminar, en los cuales se hace dificultoso dar un rápido mantenimiento o reposición de luminarias en mal estado.

En este contexto, se identifica que existe una demanda creciente de iluminación pública debido al crecimiento poblacional, la expansión urbana y la necesidad de mejorar la seguridad y calidad de vida en la ciudad, por ello es necesario que la infraestructura de alumbrado público permita una mayor flexibilidad y facilidad de mantenimiento, así como una integración estética con el entorno circundante, ya sea en áreas modernas o más tradicionales. Los postes metálicos abatibles representan una solución innovadora y funcional que busca dar respuesta a estas necesidades específicas de Sucre.

2.1.1 Alumbrado público en Sucre

2.1.1.1 Tipos de luminarias utilizadas para la iluminación

Actualmente, Sucre cuenta con alrededor de 29.000 luminarias en el sistema de alumbrado público, de diferentes potencias y tecnologías que se distribuyen en calles, plazas, parques y otros espacios públicos para garantizar una adecuada iluminación nocturna, entre las cuales se encuentran las luminarias de vapor de sodio, algunas de mercurio, y en poca proporción las luminarias LED utilizándose solo en 8 calles de nuestra ciudad hasta el momento.

2.1.1.2 Infraestructura

La infraestructura de alumbrado público en Sucre incluye postes metálicos fijos con alturas que varían según la ubicación y función que cumplen, siendo de 4 a 6 metros en calles residenciales y de 8 a 10 metros en avenidas principales, soportes o brazos metálicos, cableado eléctrico aéreo y subterráneo en muy poca proporción, transformadores y otros componentes necesarios para la instalación y operación de las luminarias en la ciudad que son controladas por temporizadores y sensores de luz para encender y apagar las luminarias. Estos elementos forman parte de una red de alumbrado que abarca diferentes zonas urbanas y periféricas de Sucre.

2.1.1.3 Mantenimiento y gestión

La operación, mantenimiento y gestión del alumbrado público en Sucre son responsabilidad de las autoridades municipales y de empresas especializadas en servicios de iluminación. Se realizan labores de inspección, reparación, sustitución de luminarias defectuosas y mejoras en la infraestructura para garantizar un funcionamiento del sistema de alumbrado público.

La dirección municipal de Alumbrado Público, indica que la modernización del alumbrado público hacia tecnologías más eficientes como las luminarias LED está en aumento, ya que no solo proporcionan una mejor calidad de iluminación, sino que también son más eficientes energéticamente, lo que se traduce en menores costos operativos a largo plazo. Por ello desde hace algún tiempo se vienen colocando luminarias LED de 60, 100 y 150 watts, con el objetivo de que en cinco años se pueda cambiar a tecnología LED por lo menos un 70 a 80 por ciento para reducir el consumo de energía eléctrica y que el alumbrado en la ciudad sea más eficiente.

Tras una de las inspecciones realizadas con juntas vecinales, se evidenció que el alumbrado en la ciudad no está en óptimas condiciones, por lo cual se anunció la expansión de este servicio a todos los barrios que requieran de este servicio incluidas las avenidas de nuestra ciudad.

2.1.1.4 Aspectos generales e instalaciones subterráneas para alumbrado público

Es muy común en nuestro país y nuestro medio observar calles abarrotadas de postes, de cables, que no solamente son de servicio eléctrico; sino que también corresponden a líneas telefónicas, de internet y tv cable, afectando no solamente la estética de la ciudad, sino también disminuyendo la calidad de estos servicios, además de imposibilitar la construcción de nuevas redes aéreas por el aumento de las densidades de carga. En vista de esto se puede decir que la construcción de redes subterráneas se convertiría en una alternativa favorable.

Según (Caiza & Pilco, 2022), hoy en día se considera que las instalaciones de alumbrado público subterráneas cumplen con los objetivos generales para la modernización de infraestructuras de las actuales instalaciones, mediante el reordenamiento de las instalaciones e implementación de nuevos servicios con mayor flexibilidad, seguridad, capacidad, confiabilidad de servicio y la limpieza que estas instalaciones proporcionan al medio ambiente.

Pero este aumento en la confiabilidad y en la estética, forma parte del incremento en el costo de las instalaciones porque se debe realizar la perforación de la vía pública para alojar las canalizaciones, conductores y señalización de los mismos. En estos casos el diseño de la instalación desempeña un papel importante, permitiendo que las instalaciones bien proyectadas sean económicamente competitivas.

2.1.1.5 Arreglo geométrico del alumbrado público en calles y avenidas de Sucre

En la actualidad, Sucre cuenta con instalaciones de alumbrado público con cableado eléctrico subterráneo en muy poca proporción pudiendo encontrar esto solo en algunas avenidas de la ciudad, el resto de la instalación casi en su totalidad aéreo, con dos tipos de arreglos en la instalación de luminarias los cuales se mencionan a continuación:

- ✓ **Disposición unilateral:** Esta disposición se puede apreciar normalmente en las calles donde todas las luminarias están instaladas a un solo lado de la misma.
- ✓ **Central sencilla:** Esta disposición se encuentra normalmente en las avenidas de Sucre donde los carriles de circulación son uno en dirección contraria al otro, los postes de alumbrado público son de dos brazos y están emplazados en el separador central de la avenida a manera de dos disposiciones unilaterales aprovechando de esta manera la postación para iluminar a ambos lados de la avenida, con esto se reduce el costo de la instalación y mantenimiento, en comparación de una avenida iluminada con dos disposiciones unilaterales que demanda mayor presupuesto.

2.1.1.6 Características eléctricas del alumbrado público en Sucre.

Tabla 2-1: Nivel de tensión del alumbrado público Sucre.

Características eléctricas del AP en Sucre	
a. Tensión Nominal del sistema	
Línea - Línea	220V
Línea – Neutro	220V
b. Frecuencia del sistema	50 Hz

Fuente: GAMS, sección alumbrada publico

2.1.1.7 Condiciones ambientales en Sucre.

Clima: La ciudad de Sucre situada al sur de Bolivia, tiene un clima subtropical de altura, este clima se caracteriza por temperaturas moderadas a lo largo del año y una estacionalidad marcada en las precipitaciones.

Según (Guerra & Botelho, 1998), Sucre tiene una temperatura promedio anual que oscila alrededor de los 18-20°C. Durante el día, las temperaturas suelen ser cálidas y agradables, alcanzando valores máximos de alrededor de 25-27°C. Por la noche, las temperaturas descienden, llegando a registros de 5-10°C en épocas más frías. El clima de Sucre se divide en dos estaciones principales: una estación seca de mayo a octubre y una estación húmeda de noviembre a abril. Durante la estación húmeda, pueden ocurrir fuertes lluvias, tormentas y granizo (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA, 2017).

Geografía: La ciudad de Sucre se encuentra situada a una altitud de aproximadamente 2,800 metros sobre el nivel del mar (Saavedra, 2018). Esta altitud tiene implicaciones en la densidad del aire y la eficiencia de los equipos eléctricos (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA, 2018). Además, la topografía de Sucre es variable. Por último, Sucre está ubicada en una región sísmicamente activa, lo que implica la necesidad de considerar la resistencia estructural del poste a diseñar ante posibles eventos sísmicos.

En resumen, Sucre presenta un clima subtropical de altura con temperaturas moderadas, estaciones distintas de lluvia y seca, y marcadas variaciones climáticas influenciadas por su altitud y ubicación geográfica en Bolivia. Estos factores climáticos deben ser considerados en el diseño de infraestructuras como el poste metálico abatible para alumbrado público en las vías (calles y principalmente avenidas) de Sucre.

2.1.2 Características que debe cumplir el poste metálico abatible.

En el presente trabajo de investigación se llevará adelante el estudio de diseño de un poste metálico abatible de acero galvanizado de uno y dos brazos, con la capacidad necesaria para realizar la instalación de dos luminarias de alumbrado público en las vías públicas, pudiendo ser estas luminarias con cableado eléctrico subterráneo o luminarias autosustentables.

El diseño de postes metálicos abatibles para el alumbrado público en Sucre se enmarca dentro de una serie de desafíos y necesidades específicas de la ciudad en relación con la iluminación urbana. Sucre, siendo una ciudad histórica y patrimonio cultural de la humanidad, requiere soluciones de alumbrado que combinen eficiencia, estética y respeto por su entorno arquitectónico.

Básicamente el presente estudio pretende contribuir en optimizar el tiempo empleado y uso de recursos económicos destinados al mantenimiento, garantizando una mayor disponibilidad operativa y minimizando los tiempos de inactividad del servicio y de esta manera poder realizar el mantenimiento del

alumbrado público a cualquier hora del día sin ocasionar congestión vehicular o tener que esperar que el tráfico sea moderado.

Según (Cuellar, 2009), la finalidad de utilizar postes de acero galvanizado es debido a que tienen:

- ✓ Resistencia a la corrosión, a los impactos y a las condiciones climáticas adversas (humedad, temperatura, vientos, etc.), lo que los hace ideales para su uso en exteriores.
- ✓ Mayor durabilidad en comparación con otros materiales.
- ✓ Gran resistencia mecánica para soportar cargas pesadas.
- ✓ Bajo o nulo mantenimiento.
- ✓ Al estar los postes en contacto permanente con tierra, fácilmente absorben cualquier impacto.

2.1.3 Requerimiento y exigencias del poste metálico abatible

2.1.3.1 Requerimiento de poste abatible según los ambientes a iluminar.

Mediante un estudio realizado en 2023, se logró identificar que Sucre se encuentra en constante crecimiento en cuanto a la creación de nuevos barrios y nuevas urbanizaciones las cuales tienen proyecciones de nuevas avenidas que con seguridad tendrán mejor proyección y reordenamiento, de modo que estas nuevas avenidas requerirán con seguridad un sistema de alumbrado público con mejores condiciones del que existe actualmente en términos de iluminación uniforme, seguridad vial, eficiencia energética, estética urbana y facilidad de mantenimiento.

Es en este sentido que este estudio pretende contribuir en el diseño de un poste metálico abatible de acero galvanizado de 10 metros de altura, el cual se podrá utilizar en disposiciones de iluminación unilateral (un solo brazo) o central sencilla (dos brazos), para la instalación de alumbrado público de las nuevas avenidas principalmente.

Muy importante también mencionar que para utilizar este tipo de poste que se pretende implementar en nuestra ciudad se debe pensar en la implementación de instalaciones de alumbrado público subterráneas o autosustentable de esta manera ya no se verá el cableado eléctrico ofreciendo mejor estética visual y un ambiente más amigable y acogedor.

2.1.3.2 Exigencias que debe cumplir el poste metálico abatible

Es muy importante establecer las condiciones que deben satisfacer los postes metálicos de acero galvanizado para alumbrado público, los cuales deben poseer excelentes características técnicas de desempeño, durabilidad, flexibilidad y calidad para cumplir las condiciones actuales de desempeño en los sistemas de iluminación de nuestras avenidas futuras de la ciudad de Sucre.

Los postes son elementos mecánicos que trabajan a flexión y cuya única función es la de sostener la o las luminarias, sus brazos y la fuerza de compresión debido a su propio peso; ya que estos elementos serán empleados a la intemperie, en climas que van desde el cálido hasta el frío y desde el húmedo hasta el seco, también serán sometidos a la contaminación atmosférica de la ciudad.

Los postes deben ser apropiados para fijar luminarias con brazos sencillos o dobles y con un visón a que se puedan instalar luminarias autosustentables, teniendo en cuenta que se podrán encontrar disposiciones unilaterales y central sencilla. Entre las características a tomar en cuenta para realizar el diseño de un poste metálico abatible galvanizado para nuestro medio están las siguientes:

- ✓ **La carga de rotura o capacidad de ruptura:** Hace referencia al esfuerzo mecánico que puede soportar un poste 20 cm por debajo de la cima antes de romperse o deformarse debido a experimentar un esfuerzo mayor para el que ha sido diseñado.
- ✓ **Altura del poste:** Debe ser adecuada para la iluminación eficaz de la zona que se desea iluminar, además de considerar el tipo de luminarias a utilizar.
- ✓ **Material del poste:** Debe ser resistente a la intemperie y duradero.
- ✓ **Diseño estético:** Debe integrarse adecuadamente en el entorno urbano.

2.1.3.3 Especificaciones técnicas que debe cumplir el poste metálico abatible

Las especificaciones técnicas de postes metálicos para alumbrado público pueden variar dependiendo del fabricante y el país donde se utilicen, en general, estos postes suelen estar fabricados con acero galvanizado para una mayor resistencia a la corrosión y durabilidad. Algunas especificaciones comunes que suelen cumplir los postes metálicos de alumbrado público incluyen:

- ✓ **Altura:** Suelen tener una altura que varía entre los 9 y 16 metros, dependiendo de la zona y del tipo de iluminación requerida.
- ✓ **Espesor del material:** Suele estar entre los 3 y 5 mm para garantizar la resistencia estructural del poste.
- ✓ **Diámetro:** El diámetro de la base del poste también varía según el tipo de poste y la zona donde se instalará.
- ✓ **Tipo de base:** Pueden tener bases de placa de anclaje para fijar al suelo, o bases con agujeros para montaje en cimentaciones de hormigón.

Según la especificación técnica sobre Postes Metálicos para Alumbrado Público (ET204, 2015), los mismos deben ser fabricados de acuerdo a las dimensiones establecidas en la siguiente tabla, teniendo en cuenta que, para su fijación, deben tener en su extremo inferior una base o placa rectangular debidamente soldada.

Tabla 2-2: Dimensiones recomendadas para fabricación de postes metálicos.

Postes metálicos para alumbrado publico								
Descripción (m)	Longitud (mm)	Diámetro de la cima (mm)	Diámetro de la base (mm)	Espesor de lámina (mm)	Placa de la base			Diámetro de los huecos (mm)
					Espesor (mm) "C"	Lado (mm) "B"	Distancia entre huecos (mm) "A"	
Poste metálico 9	9000	77	157	3	16	300	190	22
Poste metálico 10	10000	80	160	3	16	300	190	22
Poste metálico 12	12000	82	163	3	16	300	190	22
Poste metálico 14	14000	85	165	3	19	330	231	24
Poste metálico 16	16000	85	170	4	19	330	231	24

Fuente: Especificación técnica para postes metálicos de alumbrado público ET204.

La unión del poste con la base metálica debe ser reforzada con 4 platinas triangulares para postes de 9, 10 y 12 m, de 16 mm (2/3") de espesor y para postes 14 y 16 m, de 19mm (3/4") de espesor.

2.1.3.4 Especificaciones técnicas para sistema de anclaje base del poste

Adicionalmente y en forma separada del poste se deben fabricar los tornillos (pernos) de anclaje como aparecen en la siguiente tabla, con sus correspondientes tuercas y arandelas de presión. Ver anexo E tabla E-1

Los pernos deben ser de acero AISI 1020 107 HR, los flejes lisos tipo ASTM A36 y soldados entre sí, las tuercas serán de acero cumpliendo la norma NTC 858 para rosca estándar, las arandelas según norma SAE J489A. Todos estos elementos deben ser galvanizados en caliente de acuerdo con la norma ASTM A123 M.

Para el anclaje del poste, debe existir una base nivelada de concreto de acuerdo con las dimensiones y condiciones mínimas descritas en la tabla E-1 anexo E, el constructor determinará las condiciones del suelo para establecer las dimensiones finales y adecuadas que garanticen el cumplimiento del Código de Sismo Resistencia (CSR98).

2.1.3.5 Recomendación de altura y espaciado para instalación de luminarias en los postes metálicos abatibles en Sucre.

Una de las formas más sencilla de determinar la separación adecuada entre postes de alumbrado público principalmente en las avenidas para lo cual está pensado este estudio de diseño incluye evaluar el tipo de luminarias, la altura de los postes, y los requisitos de iluminación específicos para la vía. En este caso con postes de 10 metros de altura y con luminarias Led 150W como las que se están usando actualmente se puede usar la siguiente formula:

$$D_s = H_p * 3$$

Donde:

D_s = Distancia de separación entre postes (m).

H_p = Altura del poste (m).

- ✓ Por avenidas principales de la ciudad la altura de instalación de las luminarias no debe ser inferior a 10 m, con una separación mínima de 30 a 35 m.
- ✓ En calles laterales de la ciudad la altura de instalación de las luminarias debe ser con postes de 8 a 10 m, con una distancia de instalación de 30 m.
- ✓ Para anchos de carretera promedio de 8 a 12 m con alturas de postes de 8 a 12 m, la distancia de instalación debe ser de 30 a 40 m.

Estas consideraciones mencionadas pueden ser útiles a la hora de determinar la distancia de separación entre postes en avenidas, sin embargo, se recomienda que al momento de realizar un proyecto es necesario hacer un cálculo detallado y una simulación en función al tipo de ambiente a iluminar, altura de instalación y disposición de luminarias, características técnicas de la luminaria utilizar, etc. para estar seguros de los resultados que se obtendrán al finalizar el proyecto.

2.1.4 Normativas y estándares técnicos.

En Bolivia, la construcción de infraestructuras públicas, como postes de alumbrado público, está sujeta a normativas de construcción específicas que establecen requisitos técnicos y de seguridad. Estas normativas incluyen aspectos como materiales adecuados, resistencia estructural, dimensiones mínimas, entre otros.

Las teorías que respaldan las normativas y regulaciones locales, nacionales e internacionales en el ámbito eléctrico serán esenciales para garantizar que el diseño del poste metálico abatible sea seguro, duradero y eficiente. Se analizarán teorías legales y normativas aplicables a la instalación de alumbrado público.

La normativa internacional más considerada es la elaborada por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE); le sigue en importancia la normativa colombiana Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE). Entre otras están la Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas de Alumbrado

Público (AEA 95703), Especificación Técnica Postes Metálicos para Alumbrado Público (ET204), Especificación Técnica Postes Metálicos (ET222) y la Especificación Técnica Postes Metálicos galvanizados. Para cada proyecto de diseño se debe tener en cuenta igualmente la normativa interna de las empresas del sector eléctrico de cada país, En consecuencia, todas servirán de soporte como documentos de consulta. Las normativas más consideradas para este estudio de diseño son la NB 87006, NB-1412001 y la Norma Técnica de Alumbrado Público de la CRE.

2.1.4.1 Distancias de Seguridad.

Según la norma (AEA95703, 2009), para el diseño y construcción de las instalaciones de alumbrado público se deben tener en cuenta las distancias de seguridad a otras instalaciones, sean las mismas preexistentes o que formen parte del diseño del sistema de alumbrado público como es el caso de instalaciones de distribución aéreas en MT y BT, cuyos soportes son utilizados para la instalación de luminarias de AP, teniendo en cuenta que las instalaciones pueden ser públicas (por ejemplo de la empresa distribuidora de energía) o privadas, las cuales están instaladas en la vía pública o en sitios de acceso público.

Desde las partes constructivas de la instalación, como los soportes (columnas, postes, estructuras), los brazos de iluminación, el cableado y las luminarias se consideran las siguientes distancias de seguridad respecto de:

- ✓ Las líneas aéreas de media tensión y centros de transformación aéreos de distribución de energía eléctrica.
- ✓ Las líneas aéreas de baja tensión de distribución de energía eléctrica.
- ✓ Las líneas aéreas del servicio público de telecomunicaciones.
- ✓ Las líneas aéreas del servicio privado de distribución de señales y otras.

Durante el proceso de montaje de las instalaciones de alumbrado, se deben respetar las Distancias de Seguridad (para trabajos en proximidad de partes no aisladas de instalaciones eléctricas en servicio) indicadas en las Leyes y Reglamentos de Seguridad Laboral vigentes. Ver anexo E, figura E-1.

Es recomendable que, durante el proyecto de las instalaciones de alumbrado, se analice dentro de las posibilidades del espacio disponible, que ante un eventual impacto vehicular y caída de estas no se ponga en riesgo a las instalaciones aéreas de energía eléctrica.

Es importante considerar que los postes de alumbrado público, incluyendo los brazos de luminarias u otros equipos, no deben estar accesibles desde toda posición practicable por las personas (lugares de acceso normal y seguro, previsto en su entorno) sin el auxilio de medios especiales o deliberadamente, ni facilitar el acceso a otras obras o edificios (que no lo posean desde la vía pública).

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Alumbrado Público

Según la Norma Boliviana de Alumbrado Público (NB1412001, 2013), es el servicio de iluminación no domiciliario que se presta con el fin de iluminar lugares de libre circulación, que incluyen las vías públicas, los parques y demás espacios que se encuentren a cargo del municipio, con el fin de permitir el desarrollo de actividades nocturnas dentro del perímetro urbano y rural. Pero sin duda, el objetivo principal es proporcionar condiciones de seguridad a los peatones y una adecuada visibilidad a los conductores de vehículos en zonas con alta circulación peatonal.

2.2.1.1 Mantenimiento en el alumbrado Público

Según (Sarcos & Pizarro, 2019), todos los equipos, instalaciones y montajes, reciben durante su vida útil, influencia de las condiciones de operación y del medio donde está operando, esta influencia puede afectar de varias formas las condiciones iniciales de su funcionamiento y las características físicas o químicas existentes inicialmente, disminuyendo su vida útil, por lo tanto, es esencial llevar a cabo inspecciones y mantenimiento a todos los elementos de la instalación periódicamente.

Por los costos crecientes de la mano de obra y los desplazamientos de los carros de mantenimiento, cada vez se hace más necesario agrupar las operaciones de inspección, mantenimiento, limpieza y reemplazo, mediante mantenimientos sistemáticos y reducir a un mínimo el mantenimiento fuera del programa.

2.2.1.2 Sistema de alumbrado público

Según (Salazar, 2023), comprende el conjunto de luminarias, redes eléctricas, transformadores, postes, brazos metálicos medidores y todos los equipos necesarios para la prestación del servicio de alumbrado público, que no formen parte de las redes de uso general de sistema de distribución de energía eléctrica.

2.2.2 Luminarias de alumbrado público

La Comisión Internacional de Iluminación (CIE, 1913) define las luminarias como “aparatos que distribuyen filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas y que contienen todos los elementos necesarios para fijarlas, protegerlas y conectarlas al circuito de alimentación”.

Según (Lozano, 2014), las luminarias de alumbrado público para desempeñar eficientemente su función, deben cumplir una serie de características ópticas, mecánicas y eléctricas determinadas. Otro requisito que deben cumplir las luminarias es su facilidad de instalación y mantenimiento. Para ello, los materiales empleados en su construcción han de ser los adecuados para resistir el ambiente en que deba trabajar la luminaria y mantener la temperatura de la lámpara dentro de los límites de funcionamiento.

2.2.2.1 Luminarias de vapor de sodio

Las luminarias de vapor de sodio han sido y siguen siendo utilizadas ampliamente en alumbrado público durante varias décadas debido a su eficiencia energética y larga vida útil. Aunque son eficaces en la iluminación de espacios urbanos, carreteras y otros entornos exteriores, las luminarias de vapor de sodio presentan algunas desventajas ambientales, de salud y debido a su alto consumo de energía

eléctrica para su funcionamiento se están dejando de utilizar en la actualidad, (Godinho, 2023). Ver anexo E, figura E-2.

Si bien las luminarias de vapor de sodio siguen siendo utilizadas en algunos lugares, sin embargo, es importante considerar alternativas más sostenibles y menos contaminantes para el alumbrado público a fin de reducir el impacto ambiental y proteger la salud de las personas.

2.2.2.2 Luminarias LED

Son una opción moderna y eficiente para el alumbrado público debido a sus múltiples ventajas en términos de ahorro energético, durabilidad y calidad de iluminación. Consumen entre 50% a 70% menos energía que las luminarias tradicionales como las de vapor de sodio, convierten más del 90% de la energía en luz, en comparación con un 40-50% en otras tecnologías, su encendido es instantáneo y además su vida útil es mayor a 30000 horas. Su principal desventaja es su elevado costo en el mercado, (Davila, 2018). Ver anexo E, figura E-3.

2.2.2.3 Luminarias Autosustentables

Las luminarias autosustentables, también conocidas como luminarias autónomas o luminarias solares, son dispositivos de iluminación que funcionan de forma independiente de la red eléctrica convencional, ya que obtienen su energía de fuentes renovables, principalmente del sol. Estas luminarias se han convertido en una solución cada vez más popular para el alumbrado público y privado en áreas remotas o sin acceso a la red eléctrica, así como en proyectos de iluminación sostenible y eficiente, (Martinez, 2018).

Según (Arias, 2019), las luminarias autosustentables están compuestas por varios componentes clave, incluyendo paneles solares, baterías de almacenamiento, controladores de carga, LED de alta eficiencia energética y sistemas de gestión de energía. Durante el día, los paneles solares convierten la luz solar en electricidad, que se almacena en las baterías para su uso durante la noche o en condiciones de poca luz. El controlador de carga regula el flujo de energía hacia las baterías,

protegiéndolas de sobrecargas o descargas excesivas. Los LED proporcionan una iluminación eficiente y de alta calidad, consumiendo menos energía que las fuentes de luz convencionales. Ver anexo E, figuras E-4 y 5.

2.2.2.4 Clasificación de las luminarias

Las luminarias pueden clasificarse atendiendo a diversos criterios, aunque lo más común es utilizar criterios ópticos, mecánicos o eléctricos. También se puede establecer una clasificación en función del uso al que se destinan:

- ✓ **De uso vial:** Las más comunes en las principales avenidas de las ciudades y que se corresponden con las utilizadas en carreteras y en general en vías donde el tráfico rodado prevalece sobre el peatonal.
- ✓ **De uso peatonal:** En vías compartidas por vehículos y peatones, pero donde la preferencia se realiza sobre estos últimos y se adecuan los diseños a estas circunstancias.
- ✓ **De uso ornamental y deportivo:** Su haz ha de estar controlado de forma especial puesto que las zonas a iluminar son muy singulares y tiene la característica de su utilización en periodos concretos por lo que debe evitarse.

2.2.2.5 Localización de las luminarias.

En las calles y avenidas, las luminarias de alumbrado público suelen ubicarse en postes o columnas a lo largo de las aceras o en el borde de la calzada teniendo en cuenta los objetos del medio ambiente inamovibles, entradas a viviendas, garajes, estacionamientos y paraderos.

- ✓ **Altura de las luminarias:** La altura de las luminarias se define como la altura del centro geométrico de la luminaria por encima del nivel de la calzada. En la práctica las características fotométricas de la luminaria, los niveles fotométricos requeridos, las condiciones de mantenimiento, las facilidades de operación y las consideraciones presupuestales, determinan la elección de la altura, (Betancourt, 2023).

Tabla 2-3: Altura de montaje recomendada para luminarias

Altura del punto de luz (m)	Flujo de lampara (lm)
<7.5	<15000
7.5 a 9	15000 – 20000
9 a 12	20000 – 50000
>12	> 50000

Fuente: NB 1412001-2

- ✓ **Distancia de separación entre las luminarias:** La distancia “S” entre luminarias, es la distancia comprendida entre dos luminarias sucesivas medida según el eje de la vía, este intervalo está relacionado con la altura “H” adoptada por las luminarias, (Ortuño, 2016)

2.2.2.6 Tipos de disposiciones luminarias.

Desde el punto de vista constructivo y de iluminación, considerando también la importancia y características de la calle por iluminar, existen distintas posibilidades de disposición de las luminarias, (Caminos, 2011).

Las más comunes son las que se mencionan a continuación:

- ✓ **Disposición Unilateral:** Esta solución busca por lo general conciliar los requerimientos de iluminación con los económicos, en particular, se admite cuando el ancho W de la vía a iluminar es inferior a la altura H de instalación de las luminarias. (área de circulación de vehículos), se debe tener especial cuidado en la iluminación de las curvas de las calles. Esta solución se adopta por lo general en calles que no son anchas, (Martinez F. , 2004). Ver anexo E, figura E-6.
- ✓ **Bilateral alternada:** Esta solución puede representar una mejor visibilidad en la calle en comparación con la solución de disposición unilateral, pero también representa un costo superior, ya que requiere una doble línea de alimentación. Se recomienda cuando el ancho de la vía es superior a la altura de instalación de las luminarias y la vía es medianamente ancha, (Martinez F. , 2004). Ver anexo E, figura E-7.
- ✓ **Bilateral en posición:** Esta solución es preferible a la disposición bilateral alternada, pero es más costosa, por lo que solo se recomienda para calles

anchas que tienen dos sentidos de circulación. Se recomienda cuando el ancho de la vía es superior a la altura de instalación de las luminarias y la vía es muy ancha, (Martinez F. , 2004). Ver anexo E, figura E-8.

- ✓ **Central sencilla:** Esta disposición es aplicable a calles que tienen acera central. Ofrece la ventaja de tener una sola línea de alimentación, presenta también un buen aspecto estético y ofrece economía en el número de postes usados, (Martinez F. , 2004). Ver anexo E, figura E-9.
- ✓ **Central doble:** utilizada normalmente en vías compuestas por cuatro calzadas, (Martinez F. , 2004). Ver anexo E, figura E-10.

2.2.2.7 Clase de iluminación de acuerdo al tipo de vía

La Norma Boliviana (NB1412001, 2013) de alumbrado público establece 5 clases de iluminación de acuerdo a las características de la vía, de M1 a M5. Para su selección se deben considerar aspectos como: función de la vía, densidad vehicular y de peatones, grado de complejidad, separación y control de tráfico (semaforización y señales visuales).

Tabla 2-4: Clases de iluminación para diferentes tipos de vías.

Descripción de la vía	Clase de iluminación
Vías de alta velocidad con calzadas separadas exentas de cruce a nivel y con accesos completamente controlados: autopistas expresas. Densidad del tráfico y complejidad de la Vía (Nota1)	
Alto	M1
Medio	M2
Bajo	M3
Vías de alta velocidad, vías con doble sentido de circulación. Control de tráfico (Nota 2) y separación (Nota 3) de diferentes usuarios de la vía	
Escaso	M1
Suficiente	M2
Vías más importantes de tráfico urbano, vías circunvalares y distribuidoras. Control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía	
Escaso	M2
Bueno	M3
Conectores de vías de poca importancia, vías distribuidoras locales, vías de acceso a zonas residenciales. Vías que conducen a las propiedades y a las otras vías colectoras.	
Escaso	M4
Bueno	M5

Fuente: NB 1412001-2

Nota 1) La complejidad de la vía se refiere a su infraestructura, movimiento de tráfico y alrededores visuales. Se deben considerar los siguientes factores: número de carriles, inclinación, letreros, señales, entradas y salidas de rampas.

Nota 2) Control de tráfico se refiere a la presencia de avisos y señales, así como a la existencia de regulaciones. Los métodos de control son semaforización, reglas y regulaciones de prioridad, señales, avisos y demarcaciones de la vía.

Nota 3) La separación puede ser por medio de carriles específicos o por normas que regulan la restricción.

Tabla 2-5: Criterios Admitidos según el tipo de vía

Clases de iluminación	Descripción vía	Velocidad de circulación (km/h)		Tránsito de vehículos T(Veh/h)	
M1	Autopistas y carreteras	Extra alta	$V > 80$	Muy importante	$T > 1000$
M2	Vías de acceso controlado y vías rápidas	Alta	$60 < V < 80$	Importante	$500 < T < 1000$
M3	Vías principales y ejes viales	Media	$30 < V < 60$	Media	$250 < T < 500$
M4	Vías primarias o colectoras	Reducida	$V < 30$	Reducida	$100 < T < 250$
M5	Vías secundarias	Muy reducida	Al paso	Muy reducida	$T < 100$

Fuente: NB 1412001-2

Para el montaje de luminarias los apoyos a utilizar se relacionan con la clase de iluminación, así:

- ✓ Postes de concreto: vías M3, M4 y M5, con altura mínima de 8 m y resistencia de 510 kgf.
- ✓ Postes metálicos: Vías M1, M2, M3, M4 y M5, en vías M1 y M2 la altura mínima del poste será de 10 m.
- ✓ Postes de fibra de vidrio: M1, M2, M3, M4 y M5.

2.2.3 Brazo metálico para alumbrado público

En cuanto a los brazos de alumbrado público, estos pueden ser sencillos o dobles, dependiendo la necesidad del proyecto, criterio del diseñador, necesidad de avance del mismo sobre la vía (a mayor avance se obtienen mayores niveles de uniformidad) y también de diferentes longitudes dependiendo la altura del poste, ancho de vía a iluminar y el avance que se desee alcanzar, (Giraldo, 2021).

Los brazos sencillos por lo general oscilan de 1 a 1,50 metros de longitud en el que la base del brazo (parte de sujeción del brazo al poste) tiene una longitud aproximada de 15 centímetros (este valor puede variar dependiendo del fabricante), el diámetro exterior del brazo puede oscilar entre 1" y 1½". Cuando se requiera iluminación con doble brazo para disposición central sencilla en las avenidas que cuenten con separador central se puede utilizar dos brazos sencillos. Ver anexo E, figura E-11.

2.2.4 Poste de alumbrado público

Un poste para alumbrado público es una estructura vertical, diseñada para alojar luminarias y otros elementos de iluminación utilizados en espacios públicos como calles, parques y plazas, con el propósito de brindar iluminación adecuada y segura durante la noche o en condiciones de poca visibilidad (García, 2017).

Uno de los elementos complementarios en algunos casos para la luminaria, son los postes, llamados elementos de montaje, que deben cumplir con ciertas solicitaciones, como la de soportar cargas debido al peso de las luminarias, brazos, conductor, hielo o nieve (en lugares donde existe) y la fuerza del viento; además, deben resistir la acción corrosiva de los agentes atmosféricos y también ser poco pesados para facilitar el transporte, su instalación o su sustitución. No deben requerir demasiado mantenimiento y satisfacer los aspectos estéticos, (Enriquez, 2005).

Su diseño puede variar en altura, forma, material y acabado, adaptándose a las necesidades específicas de cada entorno urbano. Los postes para alumbrado

público suelen estar fabricados con materiales como acero, aluminio, hormigón armado u otros materiales resistentes, y están diseñados para soportar condiciones climáticas adversas y garantizar una larga vida útil en servicio (Martinez E. , 2019).

En Bolivia, los postes utilizados para alumbrado público suelen ser de diferentes tipos de materiales y formas de acuerdo a su aplicación, incluyendo postes de hormigón armado, metálicos de aluminio, acero y madera tratada.

2.2.4.1 Postes de madera tratada.

Según la especificación técnica (NTCRE007/04, 2015), los postes de madera en la actualidad generalmente son de eucalipto tratado, utilizados mayormente para la instalación de centros de transformación, construcción de líneas eléctricas en Media y Baja Tensión y otras aplicaciones que requieren robustez y resistencia a las condiciones ambientales adversas, principalmente en el área rural del municipio, suelen utilizarse muy poco para instalación de luminarias y otros componentes del sistema de alumbrado público debido a su corta vida útil y deficiente estética.

Estos postes de madera de eucalipto son sometidos a un proceso de tratamiento con preservantes químicos para protegerla contra la humedad, mejorar su durabilidad y resistencia a la putrefacción, los hongos, los insectos y la degradación por la exposición al aire libre.

La finalidad de usar postes de eucalipto tratado se debe a su alta densidad y resistencia natural, lo que lo hace adecuado para soportar cargas y resistir la degradación en entornos exteriores. Los postes de eucalipto tratado ofrecen una alternativa sostenible a los postes de madera tradicionales, ya que provienen de fuentes renovables y pueden tener una vida útil prolongada con el tratamiento adecuado.

2.2.4.2 Postes de hormigón armado

Según la especificación técnica (NTCRE009/01, 2015) , un poste de hormigón es una estructura vertical fabricada principalmente de hormigón reforzado con barras

de acero, especialmente diseñada para soportar la instalación de centros de transformación, construcción de líneas eléctricas en Media y Baja Tensión, en la ciudad y en todos aquellos lugares donde haya caminos de acceso para camión grúa.

Este tipo de poste combina la resistencia y durabilidad del hormigón con la capacidad estructural del acero, lo que lo convierte en una opción robusta y fiable, pero son poco empleados para la instalación de sistemas de iluminación en entornos urbanos debido a su robustez, elevado peso, costo y carencia estética, (Cayo, 2021).

Estos postes si bien son muy usados para la construcción de líneas eléctricas, sobre todo en áreas corrosivas, con la ventaja de tener una larga duración sin requerir prácticamente de mantenimiento, tienen la desventaja que su peso es elevado y que se refleja sobre los costos de transporte e instalación.

2.2.4.3 Postes metálicos de acero

Según la especificación técnica (ET204, 2015) los postes metálicos para alumbrado público son estructuras diseñadas específicamente para soportar luminarias y equipos de iluminación en entornos urbanos y viales. Estos postes se instalan estratégicamente en avenidas son fabricados principalmente con acero de alta resistencia, son capaces de soportar cargas significativas y resistir condiciones ambientales adversas, lo que contribuye a una mayor vida útil de la infraestructura de iluminación.

Los postes metálicos de acero para alumbrado público suelen tener una forma cilíndrica o prismática, con diferentes alturas y diámetros según los requisitos del proyecto, el acero es un material ampliamente utilizado en la industria de la iluminación pública debido a su resistencia estructural, durabilidad, costo y disponibilidad de materia prima en el mercado. Son muy usados por sus propiedades mecánicas, cuando se emplean en ambientes corrosivos, deben ser debidamente tratados (galvanizados y/o con pinturas anticorrosivas), lo que le proporciona una capa protectora que ayuda a prolongar la vida útil de los postes y

a mantener su integridad estructural a lo largo del tiempo. Tienen la ventaja de tener un peso inferior a los postes de cemento.

2.2.4.4 Postes metálicos de aluminio

Según (Mamani, 2014), los postes metálicos de aluminio para alumbrado público son una opción confiable debido a su durabilidad, resistencia a la corrosión y ligereza que son similares con otros materiales como el acero, están diseñados para soportar luminarias y otros accesorios de iluminación en entornos urbanos.

Un poste metálico de aluminio para alumbrado público generalmente se fabrica con perfiles de aluminio de alta resistencia que brindan una excelente relación resistencia-peso. Pueden tener diferentes alturas, formas y acabados superficiales para adaptarse a distintos diseños urbanos y requerimientos de iluminación.

Los postes de aluminio suelen requerir un bajo mantenimiento durante su vida útil y capacidad para resistir condiciones climáticas adversas, al ser más ligeros que los postes de acero, su instalación y transporte suelen ser más sencillos y económicos. El peso es mucho menor que el de los tres tipos de postes descritos anteriormente, esto reduce la dificultad constructiva en el momento de realizar la instalación, las desventajas de estos postes es que tienen menor resistencia mecánica a esfuerzos en comparación con otros materiales, su costo generalmente es superior a los de acero o concreto armado y la disponibilidad del aluminio en el mercado es limitada.

2.2.5 Postes de acero galvanizado vs postes aluminio en la actualidad.

En la actualidad, los postes de alumbrado público más utilizados son los postes de acero galvanizado y postes de aluminio. Estos materiales son duraderos, resistentes a la intemperie y fáciles de mantener, por lo que son la opción preferida para la instalación de alumbrado público en las ciudades. La elección entre postes de aluminio y postes de acero galvanizado depende de varios factores, incluidos el entorno de instalación, los requisitos estructurales, el presupuesto y las preferencias estéticas.

2.2.5.1 Ventajas y desventajas de postes de alumbrado público de aluminio

Los postes de alumbrado público fabricados en aluminio son una excelente opción debido a su durabilidad, resistencia a la corrosión y bajo mantenimiento. Estos postes suelen ser ligeros, lo que facilita su instalación y transporte.

Además, el aluminio es un material sostenible y reciclable, lo que lo convierte en una opción ecológica para proyectos de alumbrado público. Los postes de alumbrado público de aluminio vienen en una variedad de diseños y acabados para adaptarse a las necesidades estéticas de cada proyecto.

Si bien el aluminio al presentar excelentes propiedades y características pareciera ser la opción más favorable ante cualquier otro material utilizado para la fabricación de postes para alumbrado público, en realidad no es así, debido a que es un material que tiene un costo inicial elevado en comparación al acero galvanizado, además no cumple con algunas exigencias las cuales no dejan de ser relevantes a la hora de elegir un poste adecuado para iluminar las vías públicas (calles y avenidas) las cuales se mencionan a continuación:

- ✓ **Resistencia estructural:** En comparación con materiales como el acero, el aluminio tiene una menor resistencia estructural y capacidad de carga, lo que puede limitar su uso en aplicaciones donde se requiere una alta resistencia estructural.
- ✓ **Resistencia a impactos:** El aluminio es un metal relativamente blando en comparación con otros metales como el acero, por lo que los postes de aluminio pueden ser más propensos a abolladuras o daños por impacto, lo que afecta su integridad estructural y durabilidad a largo plazo.
- ✓ **Durabilidad a largo plazo:** Aunque el aluminio es un material ligero y resistente a la corrosión, su durabilidad a largo plazo puede ser inferior en comparación con materiales como el acero galvanizado o el concreto. Esto significa que los postes de aluminio pueden requerir mantenimiento más frecuente o reemplazo anticipado.
- ✓ **Disponibilidad:** Los postes de aluminio suelen ser más escasos y difíciles de encontrar en el mercado.

- ✓ **Costos iniciales:** Pueden ser más caros en términos de costos iniciales comparados con el acero galvanizado.

2.2.5.2 Ventajas y desventajas de postes de alumbrado público de acero

Según (Cuellar, 2009), en la actualidad, los postes metálicos galvanizados continúan siendo la opción más confiable y efectiva para el alumbrado público, ofreciendo beneficios en términos de resistencia y durabilidad, son diseñados para soportar las luminarias colocadas a lo largo de las avenidas y proporcionar una iluminación adecuada y uniforme en entornos urbanos.

Según (Peralta, 2017), Algunas de las razones por las que los postes metálicos galvanizados siguen siendo elegidos para el alumbrado público es porque presentan:

- ✓ **Resistencia estructural:** El acero es un material resistente y duradero, lo que hace que los postes de acero galvanizado sean capaces de soportar cargas pesadas y condiciones climáticas adversas.
- ✓ **Costos iniciales:** Generalmente, los postes de acero galvanizado tienen un costo inicial más bajo comparado con los de aluminio, lo que los hace una opción atractiva desde el punto de vista del presupuesto.
- ✓ **Mantenimiento:** Los postes de acero galvanizado requieren menos mantenimiento a largo plazo debido a su resistencia a la corrosión, especialmente si se utilizan en ambientes agresivos.
- ✓ **Disponibilidad:** Los postes de acero galvanizado suelen ser más fáciles de encontrar en el mercado en una variedad de tamaños y diseños.
- ✓ **Resistencia a impactos:** El acero galvanizado a diferencia del aluminio se considera un material robusto y adecuado para soportar impactos moderados a normales en entornos de alumbrado público.

2.2.5.3 Matriz comparativa de postes metálicos para alumbrado público

A continuación, se describen las características de postes metálicos fijos de 10 metros de aluminio, acero galvanizado y poste abatible de acero galvanizado, la

finalidad es identificar las bondades que presenta la propuesta de diseño frente a los postes metálicos fijos que hoy en día son usados para iluminar las avenidas de Sucre.

Tabla 2-6: Matriz comparativa de postes metálicos de aluminio y acero galvanizado

Poste metálico de 10 metros de altura			
Criterio	Poste de aluminio	Poste de acero galvanizado	Poste de acero galvanizado abatible
Peso	Menor que el acero	Moderadamente pesado	Moderadamente pesado
Durabilidad	Alta, pero menor que el acero	Alta con recubrimiento por el galvanizado	Alta con recubrimiento por el galvanizado
Costo	Alto, más caro que el acero	Moderadamente económico	Moderadamente económico, ligeramente más caro que el fijo.
Resistencia a la corrosión	Buena, menor que el acero	Buena gracias a la galvanización.	Buena gracias a la galvanización.
Mantenimiento	Bajo, requiere revisión ocasional	Bajo, requiere mantenimiento ocasional al recubrimiento	Bajo, con mantenimiento ocasional sencillo debido a la facilidad de acceso
Resistencia Mecánica	Buena, aunque menor que el acero.	Alta resistencia estructural	Alta, similar al poste fijo de acero
Instalación	Requiere el uso de grúa.	Requiere el uso de grúa	Requiere el uso de grúa
Impacto ambiental	Alta, reciclable y menor impacto ambiental	Moderado, reciclable, pero con alta energía de producción.	Moderado, reciclable, similar al poste fijo de acero.
Aplicaciones comunes	Zonas costeras y urbanas	Áreas urbanas e industriales	Áreas urbanas, zonas de difícil acceso
Vida Útil	25 a 50 años	30 – 50 años	30- 50 años
Resistencia al Viento	Moderada	Alta resistencia	Alta resistencia
Estética	Atractivo y estético	Atractivo y estético	Atractivo y estético
Sostenibilidad	Reciclable y de bajo impacto	Reciclable, pero con alta energía de producción.	Reciclable, con beneficios de fácil mantenimiento
Disponibilidad de material	Escasos y difícil de encontrar	Fácil de encontrar en el mercado	Fácil de encontrar en el mercado
Empleo de equipo para el mantenimiento o reemplazo de luminarias	Requieren uso de camión grúa	Requieren uso de camión grúa	No requieren grúa, salvo un winche manual o arreglo de cuerda con 2 roldanas
Riesgos por trabajos en altura	Alto riesgo	Alto riesgo	No existe riesgo por que los trabajos se realizan a nivel del suelo.
Tiempo empleado en mantenimiento	Mayor	Mayor	Menor, debido a la flexibilidad del poste
Costos por manteniendo de luminarias	Caro, debido al uso de grúa	Caro, debido al uso de grúa	Económico
Resistencia a impactos	Baja resistencia	Alta resistencia	Alta resistencia

Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizada la matriz comparativa se puede identificar que las bondades más sobresalientes de un poste metálico abatible respecto a los postes metálicos fijos de acero y aluminio son: no requiere el uso de camión grúa para el mantenimiento y remplazo de luminarias, no existe riesgo por trabajos de mantenimiento en altura debido a que los trabajos se realizan a nivel del suelo, el tiempo empleado en el mantenimiento de luminarias es menor debido a su flexibilidad y operabilidad, por tanto los recursos empleados al mantenimiento y remplazo de luminarias serán relativamente económicos en comparación con los actuales.

2.3 INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS

En el presente trabajo de estudio de diseño de un poste metálico abatible de acero galvanizado para instalación de luminarias de alumbrado público en las futuras vías públicas (avenidas) de Sucre, con el fin de satisfacer las necesidades de nuestro medio se tomó como referencia las características técnicas que se muestran en el siguiente cuadro.

Tabla 2-7: Resumen de condiciones diseño que deben cumplir en el poste.

Descripción	Valor	Unidad
Altura del poste metálico galvanizado abatible	10	m.
Diámetro de la base	160	mm.
Diámetro de la punta	80	mm.
Espesor de la lámina de acero del poste abatible	3	mm.
Dimensiones de la placa base	300x300	mm.
Espesor de la placa base	16	mm.
Distancia entre huecos de la placa base	190	mm.
Diámetro los huecos en la placa base	22	mm.
Longitud del perno de anclaje en forma L	1200	mm.
Longitud de dobla del perno de anclaje	200	mm.
Diámetro del perno de anclaje	19	mm.
Profundidad de la base de concreto	1000	mm.
Dimensiones de la base de concreto	350x350	mm.
Ubicación del tornillo de puesta a tierra desde la base	50	mm.
Dimensiones del tornillo de puesta a tierra	1/2x1	pulg.
Ubicación de la caja de registro desde la base	300	mm.
Dimensiones de la caja de registro	150x80	mm.

Fuente: Elaboración propia.

2.4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Una vez que se analizaron las características técnicas y económicas de los postes metálicos, de aluminio y acero galvanizado expuestos a la intemperie, a cargas verticales y transversales, se determina que el acero galvanizado es el material que ofrece mejores condiciones de trabajo en nuestro medio, debido a sus características resistentes al medio ambiente, durabilidad y a la facilidad de poder encontrar este material en nuestra región, por lo tanto, el poste abatible será de este material.

En el presente trabajo, se realizara el estudio de diseño de un poste metálico abatible para la instalación de luminarias de alumbrado público con cableado eléctrico subterráneo o con luminarias autosustentables en las vías públicas de Sucre, principalmente en avenidas proyectadas a futuro en los nuevos barrios y urbanizaciones que se están creando en la actualidad, además de poder utilizar en las vías públicas existentes, que permita eliminar cualquier exposición al trabajo en altura y reducir los costos económicos y tiempo empleado en el mantenimiento o cambio de luminarias.

Teniendo en cuenta que los accidentes por caída desde altura pueden tener graves consecuencias, la implementación de un poste metálico abatible se presenta como una solución innovadora debido a que el poste abatible puede bajar las luminarias hasta el nivel del trabajador, eliminando así la necesidad del trabajo en altura y el uso de camión grúa canasta en las tareas de mantenimiento, (Lopez, 2019).

Para satisfacer las necesidades del medio, el poste metálico abatible debe:

- ✓ Contar con la resistencia estructural adecuada para soportar las cargas verticales provocadas por los brazos metálicos, las luminarias, granizo, la fuerza del viento en las peores condiciones y posible movimiento sísmico.
- ✓ Optimizar el tiempo empleado y omitir el uso de camión grúa en el mantenimiento debido a que supone un costo elevado su uso.
- ✓ Reducir los recursos económicos empleados en el mantenimiento o reemplazo de luminarias de alumbrado público.

- ✓ Reducir drásticamente el riesgo de caída al realizar trabajos en altura.

Tomando en cuenta que la instalación de las luminarias de alumbrado público se realizara en la intemperie donde estarán expuestas al medio ambiente todo el tiempo, lo más conveniente es que se lo realice en un poste metálico abatible de acero galvanizado, ya que este material es resistente a la compresión, a los cambios climáticos y tiene mayor resistencia estructural en comparación al poste de aluminio que son susceptibles a cargas pesadas y a la corrosión a largo plazo, se prefiere el poste de acero galvanizado porque presenta mejores ventajas frente al poste de aluminio.

- ✓ Es durable a lo largo del tiempo y no requiere de una gran inversión para su mantenimiento.
- ✓ Tiene una vida útil extensa y es resistente a la corrosión.
- ✓ Tiene gran resistencia a la compresión en comparación con el aluminio.
- ✓ Su carga de rotura y carga de trabajo es mayor que el poste de aluminio.
- ✓ Puede soportar cargas más pesadas y su resistencia a impactos externos le permite resistir más eficientemente las cargas laterales de viento.
- ✓ Es más fácil de encontrar en el mercado y menos costoso que el aluminio.

2.5 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Para realizar el diseño del poste metálico abatible de acero galvanizado el cual se presenta como una solución innovadora y flexible a la hora de realizar trabajos de mantenimiento se recomienda primero definir bien las características y funcionalidades que debe cumplir en forma óptima para lo que ha sido diseñado. El objetivo diseñar un poste metálico abatible de acero galvanizado es debido a que presenta una resistencia estructural capaz de resistir las fuerzas y cargas a las que va a estar sometido durante su vida útil, (Fernandez, 2014).

Según (Rivera, 2020), para hacer que un poste metálico abatible de alumbrado cumpla con su vida útil exitosamente es necesario asociar el buen diseño estructural, cumplir con todos los procesos constructivos adecuadamente, utilizar materiales de una buena calidad, y sobre todo aplicar los conocimientos,

experiencias y hacer un buen control de calidad. A fin de satisfacer los objetivos propuestos, se realiza el estudio de diseño de un poste metálico abatible de acero galvanizado bajo las siguientes consideraciones:

- ✓ El poste metálico abatible no solo debe soportar las cargas verticales y transversales a las que estará expuesto diariamente, sino que además las que pudieran aparecer durante un temblor que no sean excesivas.
- ✓ Se debe siempre optimizar los costos de la fabricación, sin sacrificar la resistencia, pudiendo usar elementos y materiales que no requieran de un mantenimiento excesivo a través del tiempo.
- ✓ Es necesario tomar en cuenta las características de los ambientes donde se empleará el poste abatible, en este caso en avenidas principalmente.

2.5.1 Elementos del poste metálico abatible de acero galvanizado.

2.5.1.1 Poste abatible

Este es el componente principal del poste abatible, generalmente fabricado con tubos de acero y galvanizado por inmersión en caliente con zinc de alta pureza ($\geq 98,5\%$) y disposición mínima de 460 gr/m² que equivale a un espesor mínimo de 64.5 micras. Ver anexo E, figuras E-12 y E-13.

Está compuesto de 2 partes:

- ✓ Poste base o fijo

Este componente una vez que se instala permanece fijo todo el tiempo, es circular cilíndrico con un mismo diámetro en la base y punta, hacen parte de este componente la placa base, sistema de anclaje, puesta a tierra, tapa de registro, caja de registro con riel DIN, buje de articulación, ojal y el mecanismo de bloqueo. Las dimensiones de los componentes mencionados se detallan en los planos. Ver anexo E, figura E-14 y 22.

- ✓ Poste superior o poste móvil

Este componente es circular cónico con diámetro en su base distinto al de la punta, hacen parte de este componente las perchas soldadas en la punta del poste donde se aseguran los brazos, las luminarias y la articulación soldada en la base es la que permite que el poste tenga movilidad. Ambos componentes se detallan en los planos. Ver anexo E, figura E-15.

2.5.1.2 Articulación

La articulación permite que el poste se pliegue hacia adelante o hacia atrás, y suele estar fabricada de acero galvanizado para resistir la corrosión, debe ser capaz de soportar las cargas debido a la parte móvil del poste abatible incluida la misma articulación, los brazos metálicos, a las luminarias y cargas por nieve y granizo. Ver anexo E, figura E-16 al 21.

2.5.1.3 Mecanismo de Bloqueo

Incluye los ojales, pasadores u otros dispositivos para asegurar el poste en su posición vertical o abatida. Ver anexo E, figura E-23 y 24.

2.5.1.4 Winche manual

Un winche manual para un poste abatible generalmente se utiliza para facilitar el proceso de levantar y bajar el poste de manera controlada y segura, se recomienda que este componente se lo adquiera de forma particular en el mercado y se lo adecue con una abrazadera regulable para asegurar a la base del poste y manipular la parte móvil de mismo a la hora de realizar algún trabajo de mantenimiento en las luminarias de modo que se convierta en una pieza portátil, el cual se utilice para hacer mantenimiento de las luminarias en todos los postes, ya que implementar uno en cada poste representaría un costo adicional al momento de adquirir el poste.

Muy importante que el winche como el cable de acero tengan la capacidad de levantar como mínimo 100 kg, En este caso se recomienda utilizar un cable de acero de 6 mm de \varnothing y 10 metros de longitud el cual soporta una carga útil de 192 kg y un máximo hasta la rotura de 958 kg. Ver anexo E, figura E-25 y 26.

Sin embargo, si bien el winche ayuda en el proceso de bajar y subir la parte móvil del poste en trabajos de mantenimiento, no es indispensable su uso ya que se puede articular el poste con un arreglo de roldana de simple gancho y cuerda debido que el poste abatible cuenta con un ojal en la parte fija y móvil justamente para poder realizar esta maniobra.

2.5.1.5 Placa base para el montaje

Debido a que el poste se va a instalar sobre una base de concreto, debe incluir en su base una placa de montaje de 300 milímetros de lado y 16 milímetros de espesor, además de contar con perforaciones para fijarlo al sistema de anclaje el cual forma parte de la cimentación de la base de concreto que permite la verticalidad del poste. Ver anexo E, figura E-27

2.5.1.6 Sistema de anclaje

Independiente del sistema de construcción del poste, debe estar provisto de un sistema de anclaje que garantice la correcta verticalidad del poste a través de su vida útil ante las cargas de servicio y acorde a la cantidad de pernos necesarios.

El sistema de anclaje debe contemplar pernos en forma de L, con un diámetro mínimo de una pulgada (1") y de longitud no inferior a 1.2 metros. Además, estos pernos deben estar acompañados de sus respectivas arandelas planas y tuercas acordes al diámetro mencionado anteriormente. Ver anexo E, figura E-28 y 29.

2.5.1.7 Puesta a Tierra

Para la conexión a tierra todos los postes deben incluir un tornillo galvanizado de ½" x 1" soldando la cabeza en la parte interna del poste a 50 mm de la base y después hacer reparación de galvanizado con pintura a base de zinc y aplicar esmalte color plateado. Debe incluir una tuerca de ½" galvanizada en caliente para conexión del cable. Ver anexo E, figuras E-30.

2.5.1.8 Accesorios de montaje

Tornillos, tuercas, arandelas u otros elementos de fijación necesarios para ensamblar y asegurar el poste, los cuales deben contar con el recubrimiento necesario para soportar condiciones climáticas que puedan acortar su vida útil.

2.5.2 Determinación de Parámetros de Diseño

Para el diseño del poste metálico abatible es necesario contar con algunos datos de partida, tales como:

- ✓ Condiciones climáticas en Sucre
- ✓ Características eléctricas del alumbrado público en Sucre
- ✓ Normas aplicables para la fabricación del poste abatible
- ✓ Requerimientos técnicos y particulares del poste abatible
- ✓ Cargas sobre los postes abatibles a considerar
- ✓ Cálculo de cargas mecánicas sobre el poste abatible.
- ✓ Requisitos del recubrimiento

2.5.2.1 Condiciones climáticas en Sucre

El poste metálico abatible de acero galvanizado que será utilizado en el sistema de alumbrado público en Sucre debe ser fabricado con las siguientes condiciones que se muestra en la tabla:

Tabla 2-8: Condiciones climáticas en Sucre

Características climáticas para diseñar el poste metálico abatible	
a. Altura sobre el nivel del mar	2800 m
b. Ambiente	Subtropical
c. Humedad	Igual al 90 %
d. Temperatura máxima y mínima	27 °C y 5 °C respectivamente.
e. Temperatura promedio	18-20 °C.
f. Velocidad media anual del viento	12.2 km/h
g. Velocidad máxima de viento registrada	55.4 km/h
f. Instalación	A la intemperie bajo condiciones de contaminación atmosférica, humedad, humo, polvo, ozono y a cambios repentinos de temperatura.

Fuente: Elaboración propia

2.5.2.2 Características eléctricas del alumbrado público en Sucre

El poste metálico abatible de acero galvanizado, se podrá utilizar solo en instalaciones de alumbrado público con luminarias autosustentables y cableado eléctrico subterráneo con niveles de tensión de 220 V línea-línea y línea-neutro. El cableado eléctrico subterráneo debe contar con una cámara de inspección en la base de cada poste para facilitar el mantenimiento y la conexión del cableado de las luminarias al alimentador principal, el cual descenderá desde la luminaria por el interior del brazo y poste abatible hasta la cámara de inspección para luego conectarse al sistema eléctrico.

Los empalmes deben ser seguros, duraderos y resistentes a condiciones adversas, como la humedad, el agua, los productos químicos y los cambios de temperatura, para evitar fallas eléctricas y garantizar la seguridad de la instalación. Se debe utilizar conectores mecánicos que se aprietan para asegurar una conexión eléctrica y deben ser debidamente aislados, en este caso el uso de resinas, geles y cintas sellantes es fundamental para proporcionar un sellado hermético y aislamiento eléctrico.

2.5.2.3 Normativas aplicables para la fabricación del poste abatible.

La fabricación de los postes metálicos se ajustará a lo establecido en la norma técnica de “Diseño de postes Metálicos Galvanizados” y norma ASCE/SEI 48-05 o ASCE 72. Aplican además las siguientes normas técnicas colombianas:

- ✓ NTC23 Determinación gravimétrica de carbono por combustión directa, en aceros al Carbono.
- ✓ NTC27 Determinación del azufre en aceros al carbono. Método de evolución.
- ✓ NTC180 Método gasométrico para determinación de carbono por combustión directa en hierros y aceros al carbono.
- ✓ NTC181 Aceros al carbono y fundiciones de hierro. Método alcalimétrico para determinación de fósforo.
- ✓ NTC243 Composiciones químicas de colada para Aceros al carbono

- ✓ NTC1920 Acero estructural al carbono
- ✓ NTC2076 Recubrimiento de zinc por Inmersión en Caliente para Elementos en Hierro y Acero.
- ✓ NTC-ISO 2859-1 Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 1: Planes de muestreo determinados por el nivel aceptable de calidad (NAC) para inspección lote a lote.
- ✓ RETIE - Reglamento técnico de instalaciones eléctricas, última versión.

2.5.2.4 Requerimientos técnicos y particulares del poste abatible

Características generales: El poste metálico abatible debe ser totalmente resistente a la corrosión mediante un proceso de galvanizado por inmersión en caliente ya que será empleado a la intemperie, en climas que van desde el cálido hasta el frío, y desde el húmedo hasta el seco.

Es un elemento mecánico que trabaja a flexión y cuya única función es la de sostener la luminaria y su brazo. Tendrá una altura total de 10 metros dividido en una parte fija que es un cilindro de 5.6 metros, su diámetro base y punta de 160 mm, un espesor de 3mm y la parte móvil es cónica de 4.4 metros, diámetro base 160 mm, diámetro en la punta 80 mm, espesor 3 mm. Las láminas y los tubos deben ser de una sola pieza, libres de soldaduras intermedias, libres de deformaciones, fisura, aristas cortantes, y defectos de laminación. El acabado exterior del cuerpo del poste debe garantizar la adherencia de la pintura y estabilidad del color contra rayos ultravioleta.

El poste metálico abatible tiene una vida útil proyectada entre 30 a 50, años, esta vida útil se proyecta por el tipo de material a utilizar en la fabricación, además, la vida útil depende de factores como: las condiciones climáticas de la zona donde se encuentre el poste instalado y el proceso de instalación, entre otros. Tendrá un peso aproximado de 155 kilogramos, debido al tipo de material que se utilizará para su fabricación, lo que representa una alta reducción de peso en comparación con las alternativas existentes en el mercado. (Peralta, 2017).

El poste metálico abatible de acero galvanizado debe ser de acuerdo con las dimensiones establecidas en la siguiente tabla, teniendo en cuenta que, para su fijación, debe tener en su extremo inferior una base o placa cuadrada debidamente soldada.

Tabla 2-9: Resumen detallado de parámetros de diseño del poste abatible

Descripción	Valor	Unidad
Longitud del poste metálico galvanizado abatible	10	m.
Longitud de la parte fija del poste metálico abatible	5.6	m.
Diámetro de la base y punta de la parte fija	160	mm.
Longitud de la parte móvil del poste metálico abatible	4.4	m.
Diámetro en la base de la parte móvil	160	mm.
Diámetro de la punta de la parte móvil	80	mm.
Espesor de la lámina de acero	3	mm.
Carga de rotura	252	kg.
Coefficiente de seguridad	1.5	
Carga de trabajo	168	kg.
Peso aproximado del poste	155	kg.
Dimensiones de la placa base	300x300	mm.
Espesor de la placa base	16	mm.
Distancia entre huecos de la placa base	190	mm.
Diámetro de los huecos en la placa base	22	mm.

Fuente: Especificación técnica ET204

2.5.2.5 Cargas sobre los postes abatibles a considerar

La determinación de las cargas que debe soportar el poste abatible se la realizó en función a las cargas verticales y transversales que experimentara durante su vida útil, tomando en cuenta los siguientes aspectos técnicos:

Cargas Permanentes: Conocidas también como “cargas muertas”, son las que se mantienen constantes en magnitud y posición durante toda la vida útil de una estructura. Por ejemplo, el peso propio del poste, de los elementos estructurales y no estructurales que la conforman como lo son las luminarias y brazos que se describen a continuación:

- ✓ **Brazos:** Se considero que cada brazo metálico tendrá un peso 4 kg.
- ✓ **Luminarias:** Cada luminaria a instalar tendrá un peso de 15 kg.

Cargas Accidentales: Son aquellas cargas variables como: Sismos, Viento, Nieve, Granizo, entre otras. Son cargas ejercidas por la naturaleza, son muy difíciles de estimar con precisión, por lo que se deben aproximar según lo establecido en la normativa de cada País o Región.

Según (Ramos & Arias, 2024) las estructuras, especialmente aquellas de cierta altura, son susceptibles a los efectos inducidos por el viento, lo que puede provocar fallos en su funcionamiento. Un ejemplo de esto son los postes de alumbrado público, comúnmente ubicados en zonas urbanas, cuya caída puede ocasionar daños significativos. Estas estructuras suelen ser metálicas y tienen una altura determinada, la cual depende de la ubicación específica.

Cargas debido al Viento: Son uno de los factores más importantes a considerar en el diseño y la instalación de postes de alumbrado público y sus luminarias, estas cargas pueden influir significativamente en la estabilidad y durabilidad de la estructura. Los mayores esfuerzos a los que estará sometida la estructura del poste serán provocados por la velocidad del viento, para este estudio se consideró una velocidad máxima de 55.5 km/h correspondiente a la ciudad de Sucre registrada en el año 2015. Ver anexo E, figura E-27.

A continuación, se describen los aspectos clave relacionados con las cargas debido al viento en postes de alumbrado público:

- ✓ **Presión del Viento:** La presión del viento que actúa sobre un poste y sus luminarias es una función de la velocidad del viento y la densidad del aire.
- ✓ **Área de Exposición:** La presión del viento actúa sobre el área expuesta del poste y las luminarias. Esto incluye la superficie frontal del poste y las luminarias proyectada en la dirección del viento
- ✓ **Altura del Poste:** La altura del poste influye en la carga debido al viento, ya que la velocidad del viento generalmente aumenta con la altura.
- ✓ **Forma y Diámetro:** La forma y el diámetro del poste implica cómo el viento interactúa con la estructura.
- ✓ **Área de las Luminarias:** Las luminarias también tienen un área de exposición significativa que contribuye a la carga total del viento.

2.5.2.6 Cálculo de cargas mecánicas sobre el poste abatible

- ✓ **Cálculo de cargas transversales:** La más comunes en postes de alumbrado público y sus luminarias es la presión ejercida por el viento.

Cálculo de la presión del Viento: La presión del viento que actúa sobre un poste y sus luminarias es una función de la velocidad del viento y la densidad del aire. Esta presión se puede calcular utilizando la fórmula básica:

$$P_v = 0.5 * \rho_v * V^2$$

Donde:

P_v = Es la presión del viento en Sucre (Pa)

ρ_v = Es la densidad del aire 0.9 a 0.95 (kg/m³) a 2800 metros sobre el nivel del mar.

V = Es la velocidad máxima registrada de viento en la ciudad de Sucre 55.4 (km/h), equivalente a 15.389 (m/s)

$$P_v = 0.5 * 0.9 * 15.389^2 = 106.70 \text{ (Pa)}$$

Cálculo de la sección expuesta del poste fijo.

$$S_{exp1} = D_b * L_{pf}$$

Donde:

S_{exp1} = Sección expuesta 1 (m²)

D_b = Diámetro en la base (m)

L_{pf} = Longitud de la parte fija del poste (m).

$$S_{exp1} = 0.16 * 5.6 = 0.896 \text{ (m}^2\text{)}$$

Cálculo de la sección expuesta del poste móvil.

$$S_{exp2} = \frac{(D_b + D_p)}{2} * L_{pm}$$

Donde:

S_{exp2} = Sección expuesta 2 (m^2)

D_p = Diámetro en la punta (m)

L_{pm} = Longitud de la parte móvil del poste (m).

$$S_{exp2} = \frac{(0.16 + 0.08)}{2} * 4.4 = 0.528 (m^2)$$

Cálculo de la sección expuesta total del poste abatible

$$S_{exp} = S_{exp1} + S_{exp2}$$

$$S_{exp} = 0.896 + 0.528 = 1.424 (m^2)$$

Cálculo de la fuerza del viento sobre el poste abatible

$$F_{vp} = P_v * S_{exp} * C_{dposte}$$

Donde:

F_{vp} = Fuerza del viento sobre el poste (N)

P_v = Es la presión del viento en Sucre (Pa)

S_{exp} = Sección expuesta del poste (m^2).

C_d = coeficiente de arrastre del poste para postes cilíndricos varia de 0.5 y 1.2

$$F_{vp} = 106.570 * 1.424 * 1 = 151.756 (N)$$

Cálculo de la fuerza del viento sobre la luminaria

$$F_{vl} = P_v * S_{expl}$$

$$F_{vl} = P_v * L_{lum} * H_{lum}$$

Donde:

F_{vl} = Fuerza del viento sobre la luminaria (N)

P_v = Es la presión del viento en Sucre (Pa)

S_{expl} = Sección expuesta de la luminaria (m^2).

L_{lum} = Longitud de la luminaria (m)

H_{lum} = Altura de la luminaria (m)

$$F_{vl} = 106.570 * 0.515 * 0.075 = 4.116 (N)$$

Cálculo de fuerza transversal debido viento

$$F_{tv} = F_{vp} + 2 * F_{vl}$$

$$F_{vl} = 151.756 * 2 * 4.116 = 159.988 (N) \approx 160 (N)$$

Distancia donde se produce la fuerza transversal a partir de la base del poste

$$D = \frac{(D_b + 2 * D_p)}{(D_b + D_p)} * \frac{L_{util}}{3}$$

Donde:

L_{util} = Longitud útil de poste abatible (m)

D = Distancia desde la base del poste a la fuerza transversal (m)

D_b = Diámetro en la base (m)

D_p = Diámetro en la punta (m)

$$D = \frac{(0.16 + 2 * 0.08)}{0.16 + 0.08} * \frac{10}{3} = 4.444 (m)$$

Ver anexo E, figura E-31 al 40. En los que se muestran los resultados simulados.

- ✓ **Cálculo de cargas verticales:** implica la consideración de todas las fuerzas que actúan a lo largo de la dirección vertical sobre el poste. Estas fuerzas incluyen el peso propio del poste, el peso de los elementos

adicionales (como luminarias y brazos metálicos), y cualquier otra carga que pueda aplicarse verticalmente.

Cálculo del volumen de acero del poste base (cilindro hueco)

$$V_{pf} = \pi * h * (R^2 - r^2)$$

Donde:

V_{pf} = Volumen del poste fijo (m^3).

h = altura del poste parte fija (m)

R = Radio mayor (m).

r = Radio menor (m).

$$V_{pf} = \pi * 5.6 * (0.08^2 - 0.077^2) = 8.286 * 10^{-3} (m^3)$$

Cálculo del volumen de acero de la articulación del poste (cilindro hueco)

$$V_{ap} = \frac{\pi * h}{2} * (R^2 - r^2)$$

$$V_{ap} = \frac{\pi * 4.4}{2} * (0.082^2 - 0.08^2) = 2.239 * 10^{-3} (m^3)$$

Cálculo del volumen de acero del poste móvil (tronco cónico hueco)

$$V_{pm} = \frac{\pi * h}{3} * (R^2 + R * r + r^2)$$

Donde:

V_{pm1} = Volumen 1 de la parte móvil del poste (m^3).

V_{pm2} = Volumen 2 de la parte móvil del poste (m^3).

V_{pm} = Volumen de la total de la parte móvil del poste (m^3).

$$V_{pm1} = \frac{\pi * 4.4}{3} * (0.08^2 + 0.08 * 0.04 + 0.04^2) = 0.052 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V_{pm2} = \frac{\pi * 4.4}{3} * (0.077^2 + 0.077 * 0.037 + 0.037^2) = 4.675 * 10^{-2} \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V_{pm} = V_{pm1} - V_{pm2} = 0.052 - 4.675 * 10^{-3} = 0.005 \text{ (m}^3\text{)}$$

Cálculo del volumen total de acero del poste abatible

$$V_p = V_{pf} + V_{ap} + V_{pm}$$

$$V_{pm} = 8.286 * 10^{-3} + 2.239 * 10^{-3} + 0.005 = 0.016 \text{ (m}^3\text{)}$$

Cálculo peso propio del poste

$$W_{poste} = \rho_{ac} * V_p * g$$

Donde:

W_{poste} = peso del poste abatible (N)

ρ_{ac} = Densidad del acero aproximadamente 7850 (kg/m³)

V_p = Volumen del poste (m³).

g = Gravedad 9.81 (m/s²)

$$W_{poste} = 7850 * 0.016 * 9.81 = 1232.136 \text{ (N)}$$

Cálculo del peso de la luminaria

$$W_{lum} = M_{lum} * g$$

Donde:

W_{lum} = Peso de la luminaria (N)

M_{lum} = Peso de luminaria (kg)

$$W_{lum} = 15 * 9.81 = 147.15 (N)$$

Cálculo del peso del brazo metálico

$$W_{br} = M_{br} * g$$

Donde:

W_{br} = Peso del brazo metálico (N)

M_{br} = Peso de luminaria (kg)

$$W_{br} = 4 * 9.81 = 39.24 (N)$$

Cálculo de fuerza vertical en el poste abatible

$$W_{fv} = W_{poste} + 2 * W_{lum} + 2 * W_{br}$$

$$W_{fv} = 1232.136 + 2 * 147.15 + 2 * 39.24 = 1604.916 (N)$$

Cálculo de fuerza vertical poste abatible en el buje de articulación

$$W_{fvm} = W_{pm} + W_{ap} + 2 * W_{lum} + 2 * W_{br}$$

$$W_{fvm} = 7850 * 9.81 * (2.239 * 10^{-3} + 0.005) + 2 * 147.15 + 2 * 39.24 = 930.24 (N)$$

Ver anexo E, figura E-41 al 49. En los que se muestran los resultados simulados.

2.5.2.7 Características del recubrimiento

El poste metálico de acero para alumbrado público debe ser totalmente galvanizado por inmersión en caliente, el espesor de recubrimiento (galvanizado) debe ser en promedio de 65.4 micras con acabado liso y uniforme, deberá cumplir con las especificaciones técnicas de la norma NTC 2076, NTC 3320, teniendo en cuenta

que su superficie deberá estar libre de burbujas, con un completo revestimiento, sin depósitos de escoria, sin manchas negras o cualquier otro tipo de inclusiones o imperfecciones.

Tabla 2-10: Requisitos de galvanizado en el poste abatible.

Requisitos de galvanizado para láminas, platinas y elementos roscado				
Elemento	Promedio		Mínimo	
	g/m ²	µm	g/m ²	µm
Platinas y láminas	458	65.4	381	54.4
Elementos Roscados	397	56,6	336	48

Fuente: Especificación técnica ET204

3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 CONCLUSIONES

- ✓ Es posible implementar un poste metálico abatible de acero galvanizado en nuestro medio, ya que mejora la eficiencia, reduce los costos operativos por mantenimiento y sustitución de luminarias y elimina los riesgos expuestos de caídas por realizar trabajos de mantenimiento en altura.
- ✓ En caso de optar por esta alternativa en el alumbrado público se optimizará los recursos empleados para el mantenimiento y remplazo de luminarias logrando un ahorro significativo en a largo plazo.
- ✓ De la matriz comparativa se sabe que el acero galvanizado presenta propiedades mecánicas más resistentes a la intemperie que el aluminio, por ello el poste abatible debe ser de acero galvanizado.
- ✓ Comparando el costo de implementación entre un poste metálico fijo y un abatible se identifica que el abatible tiene un costo más elevado, esto se debe a que cuenta con más componentes que le permiten tener flexibilidad y operabilidad mostrando grandes beneficios.
- ✓ Es importante tener en cuenta que el poste metálico abatible de acero galvanizado solo se puede utilizar en sistemas de alumbrado público con cableado eléctrico subterráneo o luminaria autosustentable.
- ✓ Su diseño está pensado principalmente para iluminación de futuras vías públicas (avenidas) con disposición de luminarias central sencilla, emplazando los postes en el separador central de la avenida.

3.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Es esencial proporcionar formación y capacitación adecuada al personal encargado de la instalación y mantenimiento de los postes metálicos

abatibles. Esto garantizará una implementación efectiva y reducirá posibles errores y riesgos durante el proceso.

- ✓ Se recomienda realizar una evaluación exhaustiva de los materiales a utilizar en la fabricación de los postes metálicos, asegurando que sean de alta calidad y adecuados para las condiciones climáticas de Sucre.
- ✓ Se recomienda la implementación de este diseño en proyectos de construcción futuros, junto con un monitoreo continuo y evaluación continua del desempeño de los postes abatibles, esto permitirá identificar y resolver problemas de manera proactiva para garantizar su eficacia a largo plazo.
- ✓ Realizar campañas de sensibilización y comunicación dirigidas a la comunidad para informar sobre los beneficios del nuevo sistema de alumbrado y fomentar el uso responsable y el cuidado de la infraestructura.
- ✓ Antes de la implementación a gran escala, realizar proyectos piloto y pruebas iniciales en áreas específicas.
- ✓ Se recomienda implementar una caja de registro con riel din de dimensiones de ancho 8, largo 15 y profundidad 8 centímetros situada bajo la tapa de registro con la finalidad de poder instalar algún dispositivo de protección para la instalación del alumbrado público.
- ✓ Si bien, este diseño está pensado para la iluminación de las futuras avenidas de la ciudad de Sucre se recomienda su uso en la iluminación de otros espacios públicos que amerite, siempre y cuando el cableado eléctrico sea subterráneo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEA95703. (2009). *Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas de Alumbrado Público*.
- Arias, M. (2019). *Estudio de Diseño de una Instalación Solar para el Alumbrado Público*. Barcelona-España.
- Betancourt, U. (2023). *Sistema de Iluminación en función al tipo de Vía Pública*. Santiago de Chile.
- Caiza, J., & Pilco, B. (2022). *Evaluación de Red Eléctrica Subterránea en MT. y BT del Sistema de Transformación para AP*. Latacunga-Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Caminos, J. (2011). *Criterios de Diseño en Iluminación*. Santa Fe- Colombia: Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional.
- Cayo, J. (2021). *Optimización del Proceso de Fabricación de Postes de Hormigón Armado*. Latacunga-Ecuador.
- CIE. (1913). *Comisión Internacional de Iluminación*.
- Cuellar, J. (2009). *Diseño e instalación de estructuras metálicas de acero galvanizado en celosía de la línea de transmisión de 60 KV – Chacapunte*. Huancayo-Perú.
- Davila, M. (2018). *Eficiencia de las Luminarias Led para mejorar la Iluminación en Avenidas y calles de Perú*. Tarapoto-Perú.
- Enriquez, G. (2005). *Manual Práctico del Alumbrado*. México: Limusa.
- ET204. (2015). *Especificación Técnica ET204 sobre postes metálicos para alumbrado público*.
- Fernandez, A. (2014). *Especificaciones Técnicas Postes Metálicos Galvanizados ET207*.
- Garcia, A. (2017). *Infraestructura de Alumbrado Público en Espacios Urbanos*. México: Revista de Ingeniería.
- Giraldo, S. (2021). *Interventoría Alumbrado Público urbano*. Medellín- Colombia.
- Godinho, B. (2023). *Sustitución de Luminarias de Vapor de Sodio por LED como Estrategia de Eficiencia*. Sao Paulo: Alameda.
- Guerra, A., & Botelho, R. (1998). *En Geomorfología do Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand brasil.
- Hervias, J. (2015). *Instalación de una red de distribución primaria 6.6. KV 75 KVA*. Arequipa (Perú).

- Hurtado, A. (2015). *Influencia del Alumbrado Público sobre la Seguridad y la Conducta*. Granada: Universidad de Granada.
- Lara, E. (2018). *Evaluación de las Acciones Dinámicas y su Influencia en el Diseño Estructural de una Torre Auto Soportada del GRUPO RPP SAC.* . Lima.
- Lopez, R. (2019). *Estructuras Metálicas Flexibles para la Iluminación pública*. Ecuador.
- Lozano, H. (2014). *Luminarias con Lámparas Ahorradoras y Eficiencia del Alumbrado Publico*. Huancayo-Perú.
- Mamani, W. (2014). *Optimización del Sistema de Alumbrado Público en la Localidad de Caracollo*. La Paz-Bolivia.
- Martínez, D. (2018). *Sistema de Iluminación Autosustentable y de Monitoreo para Alumbrado Público*. México.
- Martínez, E. (2019). *Diseño y Fabricación de Postes Metálicos para Alumbrado Público*. Ecuador.
- Martinez, F. (2004). *Instalaciones Eléctricas de Alumbrado e Industrial*. Madrid-España: Paraninfo.
- NB1412001. (2013). *Alumbrado Público, Reglas Generales y Especificaciones Técnicas*.
- NTC2076. (1998). *Galvanizado por Inmersión en Caliente para Elementos en Hierro y Acero*. Colombia.
- NTCRE007/04. (2015). *Poste de Eucalipto Tratado*. Santa Cruz de la Sierra.
- NTCRE009/01. (2015). *Poste de hormigón Armado en el alumbrado Público y Redes Eléctricas*. Santa Cruz-Bolivia.
- Ortuño, A. (2016). *Estudio Técnico, Económico y Social del Sistema de Alumbrado Público con Tecnología Led en la Ciudad de La Paz* . La Paz-Bolivia.
- Peralta, A. (2017). *Estudio de Factibilidad para la Fabricación de Poste Metálico Cónico para Tendido de Cableado Telefónico*. Guatemala.
- Ramos, Y., & Arias, R. (2024). *Análisis estructural de un poste de luminaria de 12 m afectado por Vientos*. Cuba.
- Rios, E., & Herbert, L. (2022). *Diseño estructural sismo resistente de un edificio de cuatro niveles con estructura de acero*. Perú.
- Rivera, C. (2020). *Aspectos Estéticos en el Diseño de Postes Metálicos para Alumbrado Público*. Quito Ecuador.
- Saavedra, C. (2018). *Cuencas sostenibles: Fundamentos y recomendaciones. Proyecto gestión integral del agua de la Cooperación suiza en Bolivia*.

Salazar, D. (2023). *Diseño del Sistema de Alumbrado Público con Telegestión*. La Paz.

Sarcos, R., & Pizarro, A. (2019). *Diseño, Instalación, Operatividad y Mantenimiento de Luminarias de Alumbrado Público*. Guayaquil- Ecuador.

ANEXOS

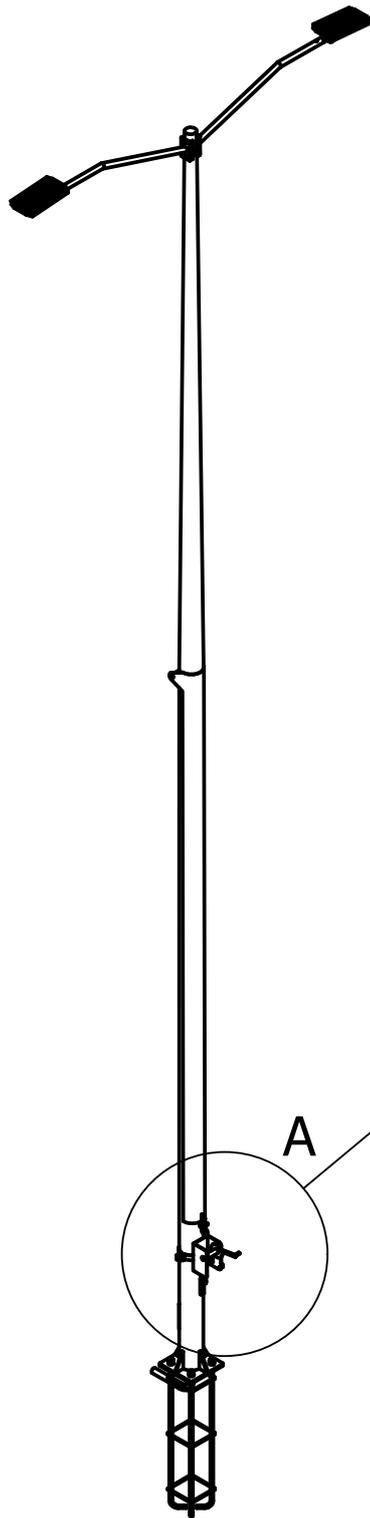
ANEXO A: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL POSTE ABATIBLE

Tabla A-1: Características técnicas del poste metálico abatible.

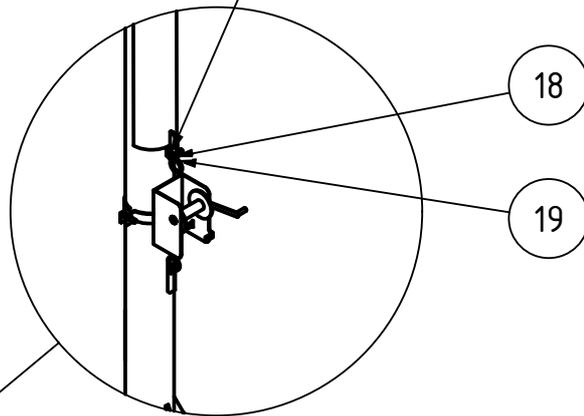
Descripción	Valor	Unidad
Longitud del poste metálico galvanizado abatible	10	m.
Espesor de la lámina de acero del poste metálico abatible	3	mm.
Peso aproximado del poste abatible	155	kg.
Longitud de la parte fija del poste metálico abatible	5.6	m.
Diámetro externo de la base y punta de la parte fija	160	mm.
Peso de la parte fija del poste abatible	89	kg.
Longitud de la parte móvil del poste metálico abatible	4.4	m.
Diámetro externo en la base de la parte móvil	160	mm.
Diámetro externo de la punta de la parte móvil	80	mm.
Peso de la parte móvil del poste abatible	39	kg.
Longitud de la media caña de articulación	4.4	m.
Diámetro externo de la base y punta de la articulación	160	mm.
Peso de la articulación del poste abatible	27	kg.
Carga de rotura	252	kg.
Carga de trabajo	168	kg.
Dimensiones de la placa base	300x300	mm.
Espesor de la placa base	16	mm.
Distancia entre huecos de la placa base	190	mm.
Longitud del perno L de anclaje	1.2	m.
Diámetro del perno de anclaje	19	mm.
Distancia entre pernos de anclaje	190	mm.
Longitud doblada del perno de anclaje	200	mm.
Dimensiones de caja de registro con riel DIN metálica	80x150x80	mm.
Dimensiones de la tapa de registro	103x200	mm.
Longitud de buje de articulación	160	mm.
Diámetro externo del buje de articulación	26	mm.
Diámetro externo del buje de articulación	14	mm.

Fuente: Elaboración propia

ANEXO B: PLANOS DE DISEÑO DEL POSTE METÁLICO ABATIBLE



Quando el poste está en su lugar, se sujeta mediante un perno en los ojales



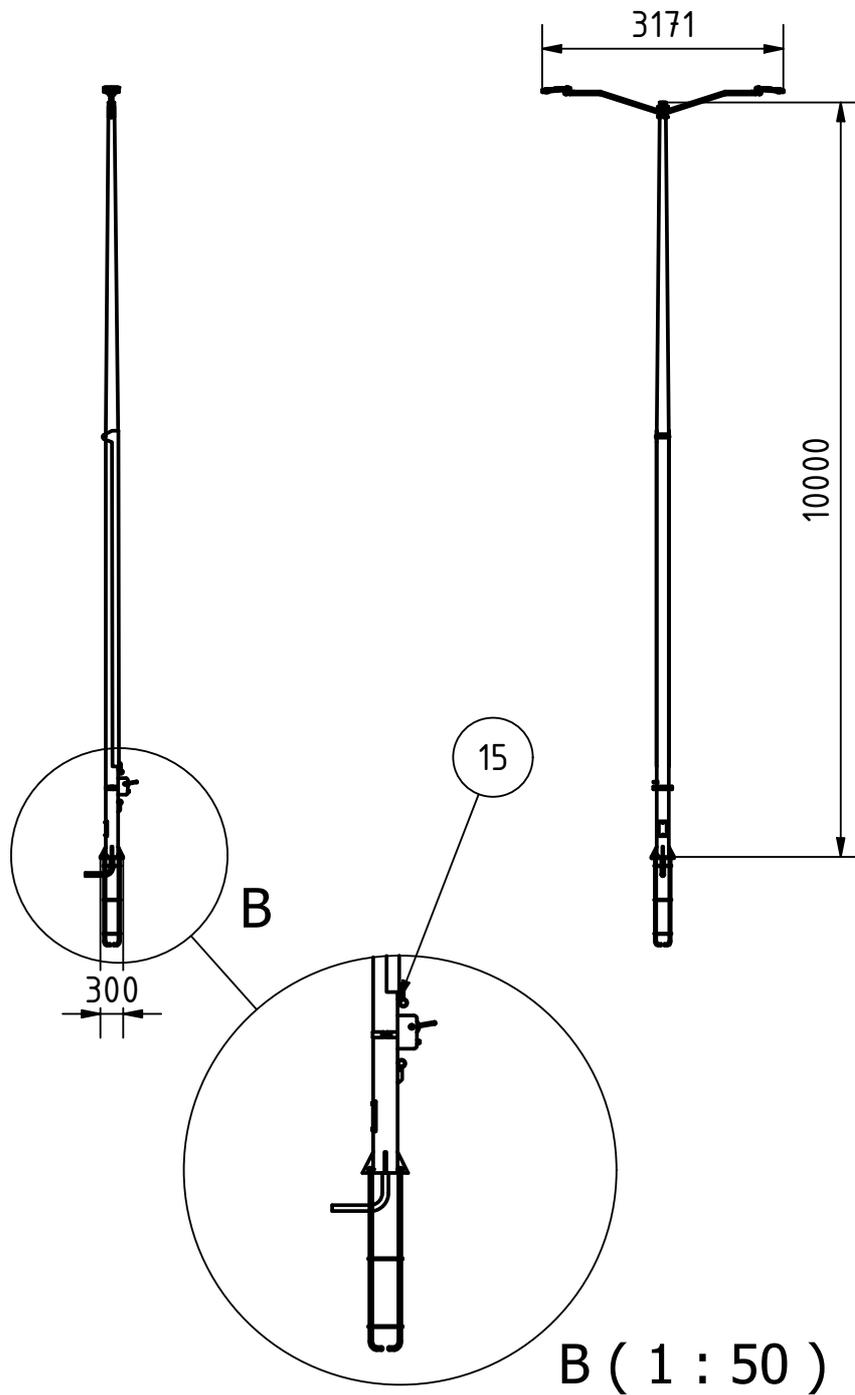
18

19

A

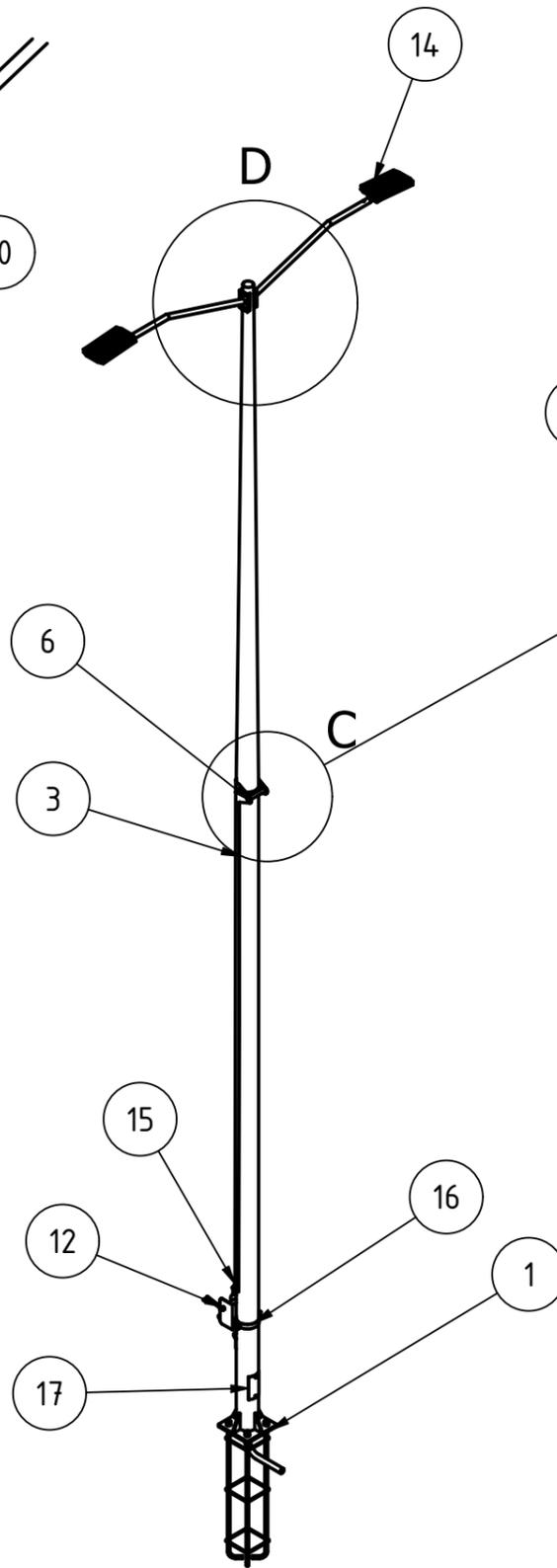
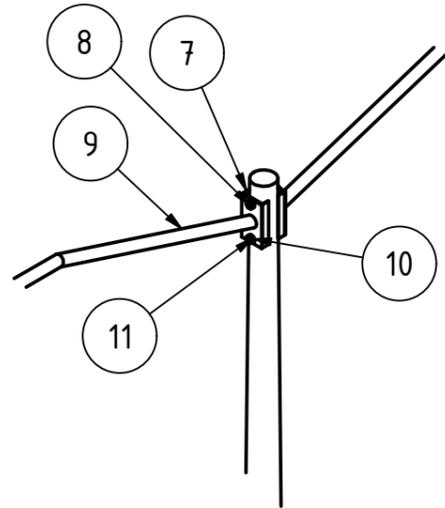
A (1 : 25)

	Fecha	Nombre	Poste Abatible	
Dib.		David Gallardo M.		
Rev.				
Apr.				
Esc. 1:50	Título:		Varios	
	Vista isométrica del poste		Número de plano:1	
Toler.				
Rug.				

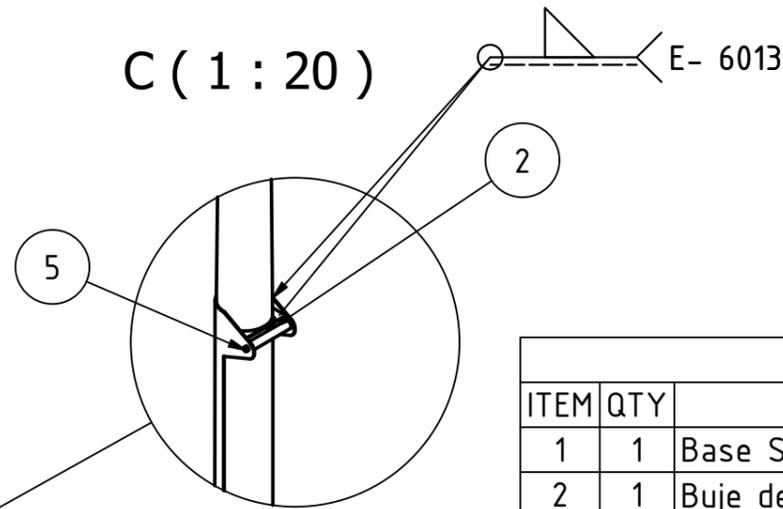


	Fecha	Nombre	Poste Abatible	
Dib.		David Gallardo M.		
Rev.				
Apr.				
Esc. 1 : 100	Título:		Varios	
	Dimensiones generales			
Toler.			Número de plano:2	
Rug.				

D (1 : 20)



C (1 : 20)



PARTS LIST

ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Base Soldada	
2	1	Buje de la articulación	
3	1	Articulacion	
4	1	Poste Superior	
5	1	Pasador	
6	1	ISO 1234 - 3,2 x 20	Chaveta
7	2	Percha	
8	2	Bolt GB 32.2 M14 x 110	
9	2	Ensamble de brazo	
10	2	ASME B18.21.2M - 14	Arandela de presión
11	2	DIN 439 - M14	Tornillo de Cabeza Hexagonal
12	1	Winche Manual	
13	1	Ojal	
14	2	Luminaria	
15	2	Ojal 2	
16	1	Caja de registro con riel	DIN 80x150x80
17	1	Tapa de registro	
16	1	Abrazadera	
18	1	Bolt GB 32.2 M14 x 30	
19	1	DIN 439 - M14	

Fecha Nombre

Dib. David Gallardo M.
Rev.
Apr.

Poste Abatible



Esc. 1:50

Título:

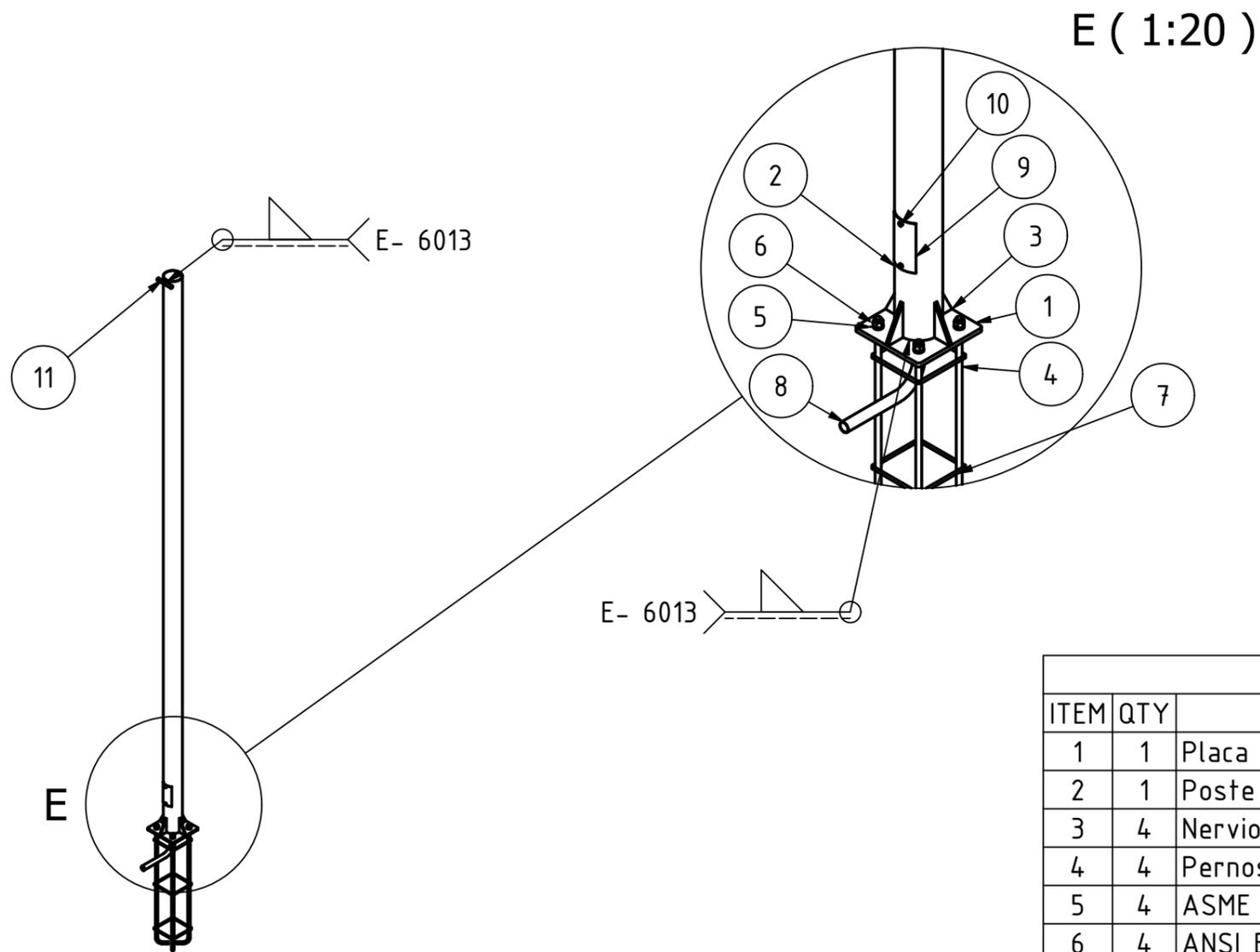


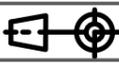
Componentes

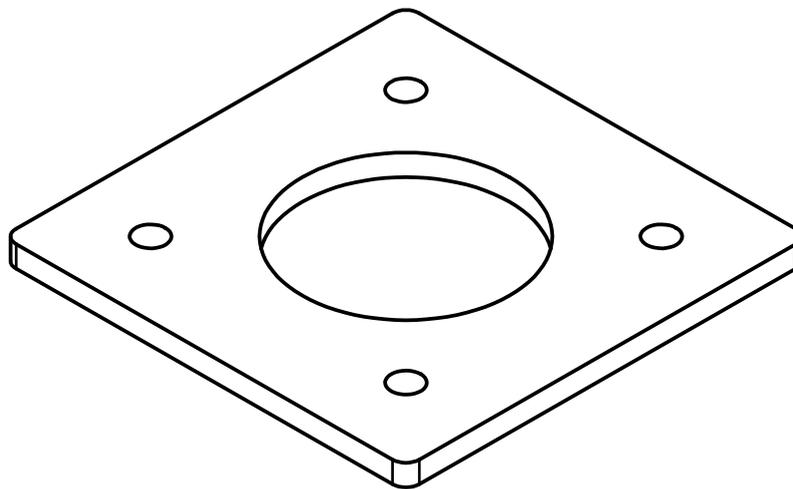
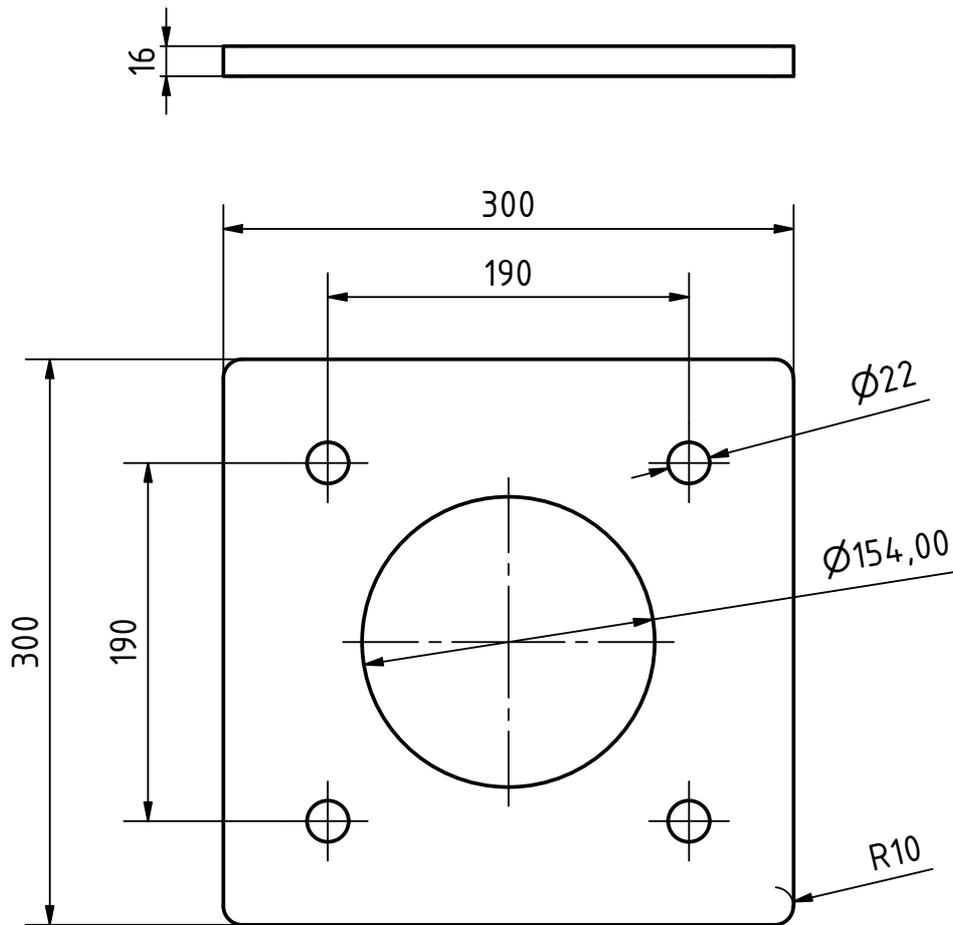
Toler. Rug.

Varios

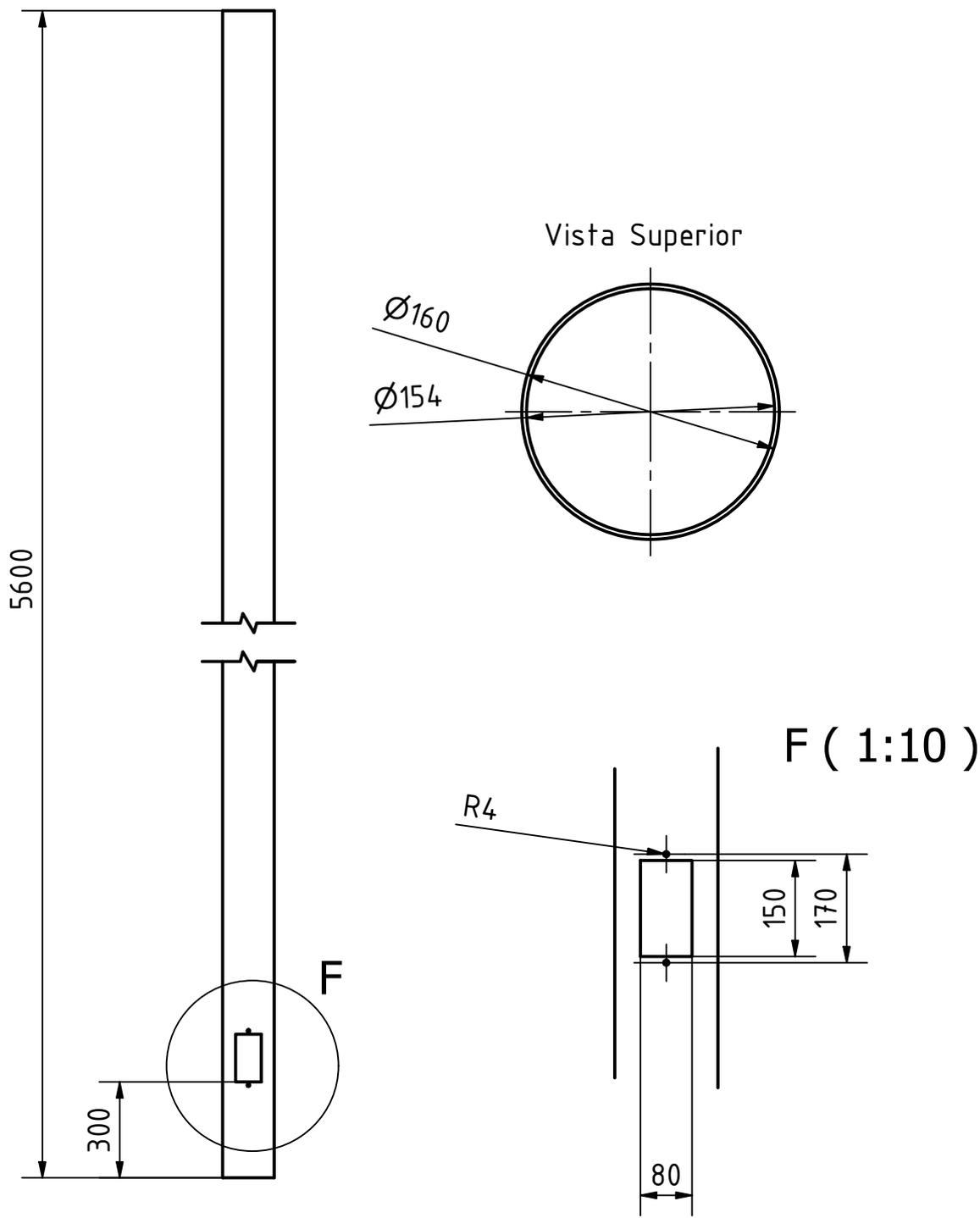
Número de plano:3

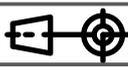


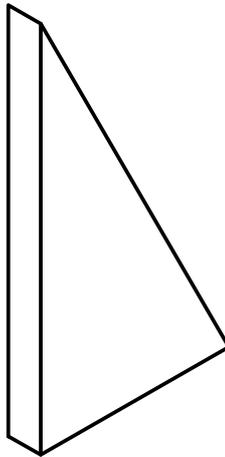
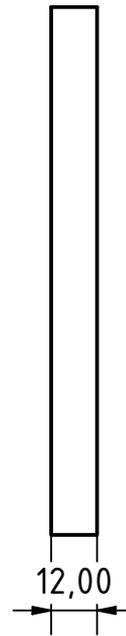
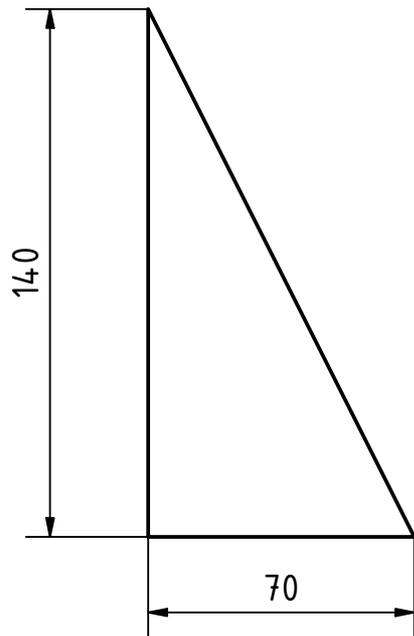
PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Placa base	
2	1	Poste Base	
3	4	Nervio	
4	4	Pernos de anclaje	
5	4	ASME B18.21.2M - 20	Arandela de presión
6	4	ANSI B18.2.4.2M - M20x2,5	Tuerca hexagonal
7	12	Estribo	
8	1	Ducto	Diametro=1/2"
9	1	Tapa de registro	
10	2	Bolt GB/T 5783 M8 x 20	Tornillos de cabeza hexagonal
11	1	Buje del pasador	
		Fecha	Nombre
Dib.			David Gallardo M.
Rev.			
Apr.			
Esc. 1:50		Título:	
		Base soldada	
Toler.			
Rug.			
			
			Varios
			Número de plano:4



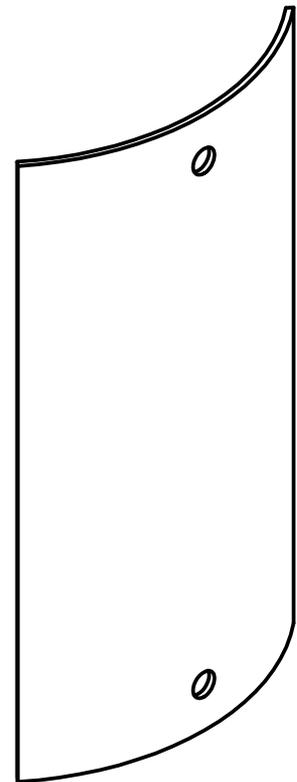
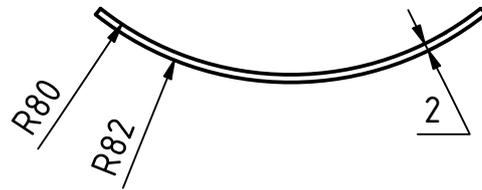
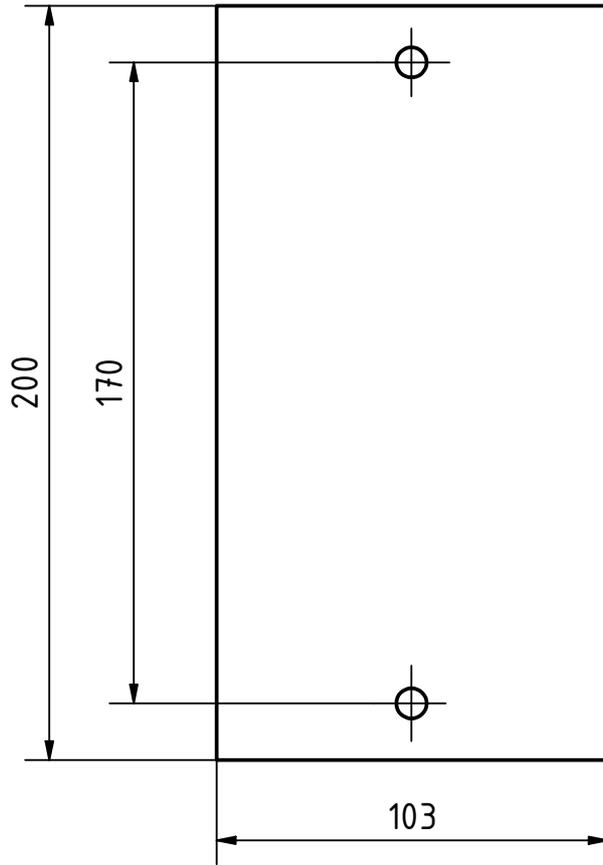
Dib. Rev. Apr.	Fecha	Nombre	Poste Abatible	
		David Gallardo M.		
Esc. 1 : 4	Título:		Acero ASTM A36	Número de plano:5
	Placa base			
Toler. Rug.				



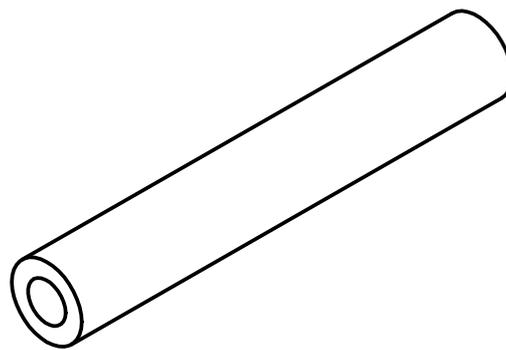
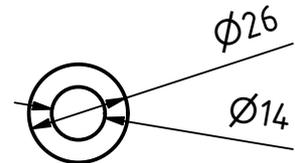
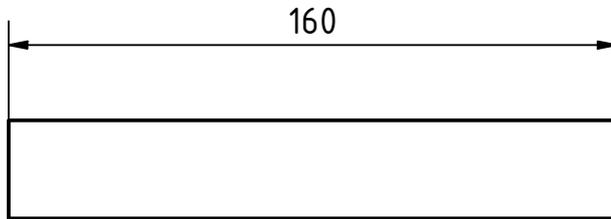
	Fecha	Nombre	Poste Abatible	
Dib.		David Gallardo M.		
Rev.				
Apr.				
Esc. 1:20	Título:		Poste Base	Acero Galvanizado ASTM A123 M
				Número de plano:6
Toler. Rug.				



Dib.	Fecha	Nombre	Poste Abatible	
	Rev.	David Gallardo M.		
	Apr.			
Esc. 1 : 2	Título:		Nervio	Acero ASTM A36
				Número de plano: 7
Toler. Rug.				

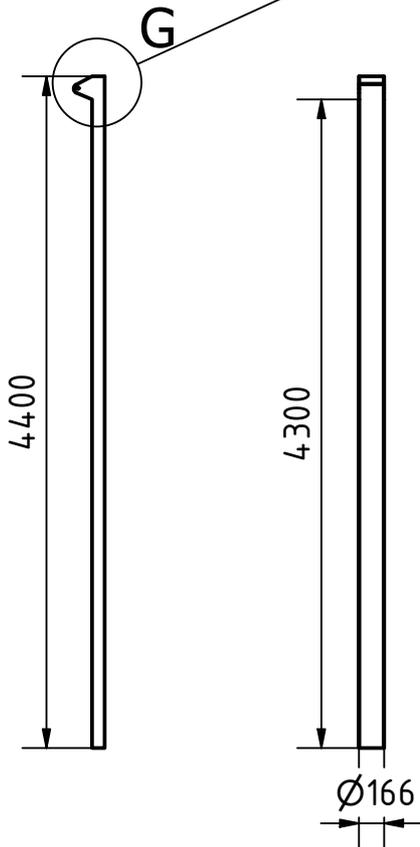
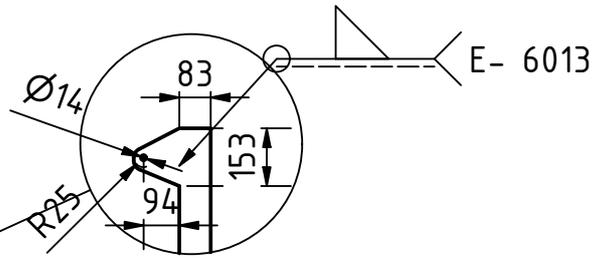


Dib.	Fecha	Nombre	Poste Abatible	
	Rev.	David Gallardo M.		
	Apr.			
Esc. 1 : 2	Título:		Acero ASTM A36	
	Tapa de Registro		Número de plano:8	
Toler. Rug.				

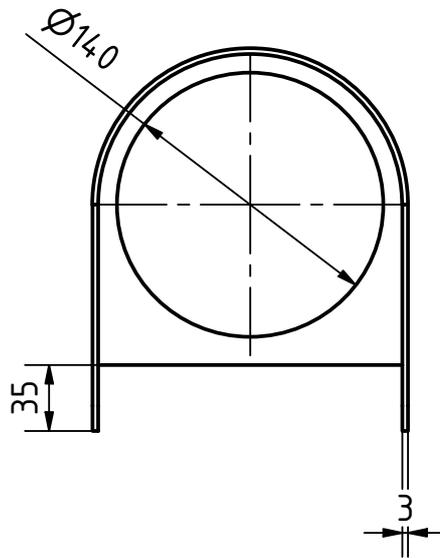


Dib. Rev. Apr.	Fecha	Nombre	Poste Abatible	
		David Gallardo M.		
Esc. 1 : 2	Título:		Acero Galvanizado	Número de plano:9
	Buje de la articulación		ASTM A123 M	
Toler. Rug.				

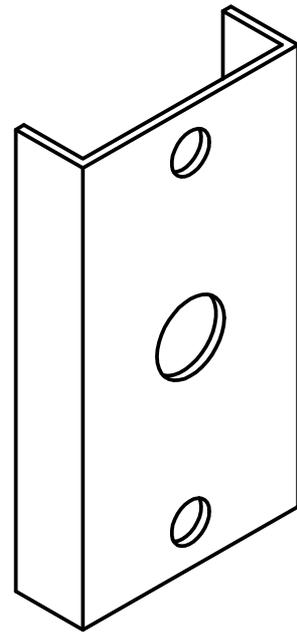
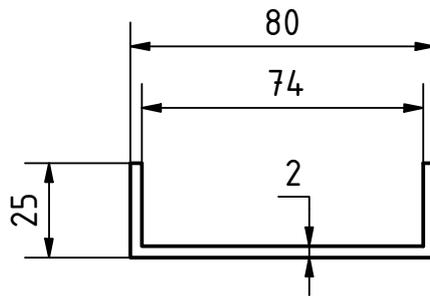
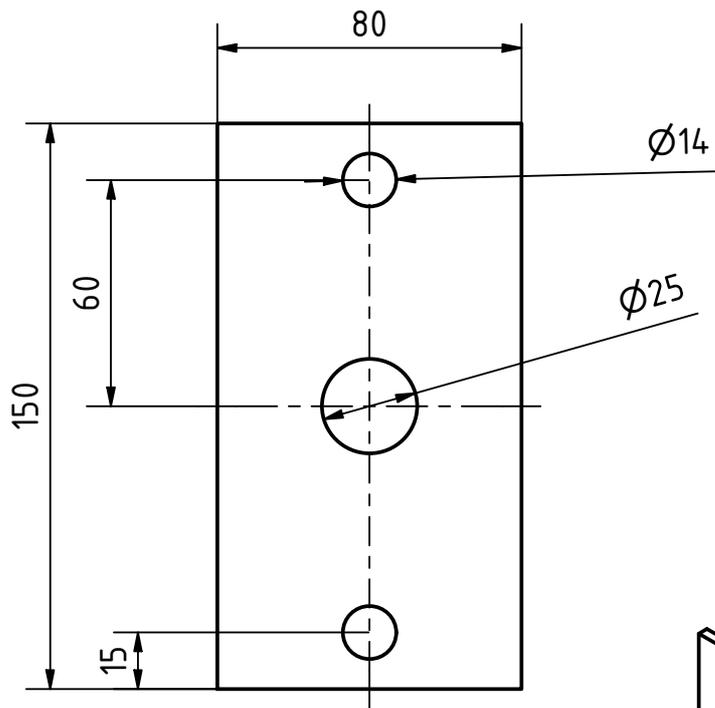
G (1:20)



Vista Superior
Escala 1:5

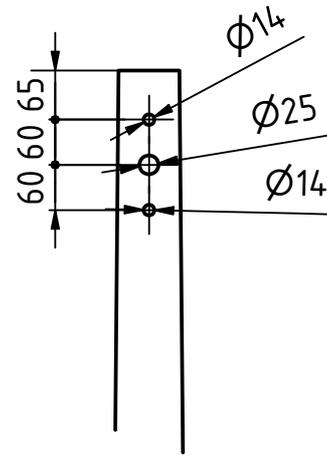
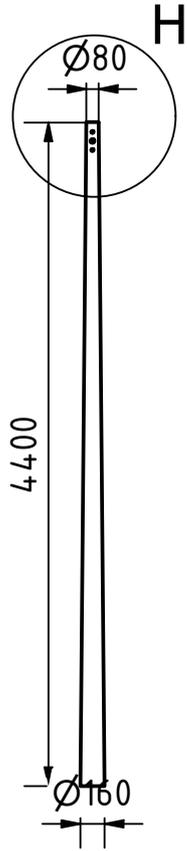


Dib. Rev. Apr.	Fecha	Nombre	Poste Abatible	
		David Gallardo M.		
Esc. 1:50	Título:		Acero Galvanizado ASTM A123 M	Número de plano:10
	Articulación			
Toler. Rug.				

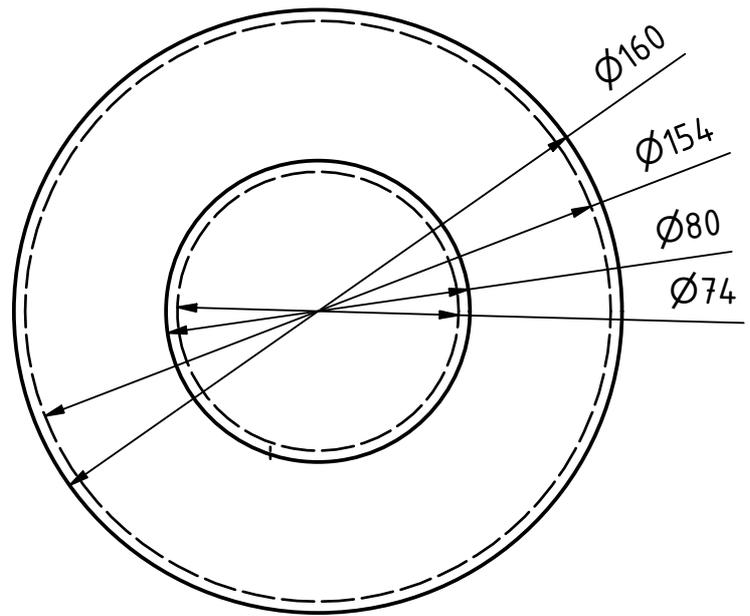


Dib. Rev. Apr.	Fecha	Nombre	Poste Abatible	
		David Gallardo M.		
Esc. 1 : 2	Título:		Percha	Acero ASTM A36
				Número de plano:11
Toler. Rug.				

H (1:10)

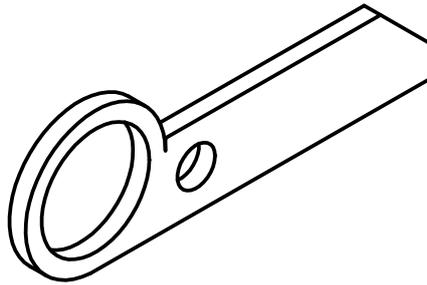
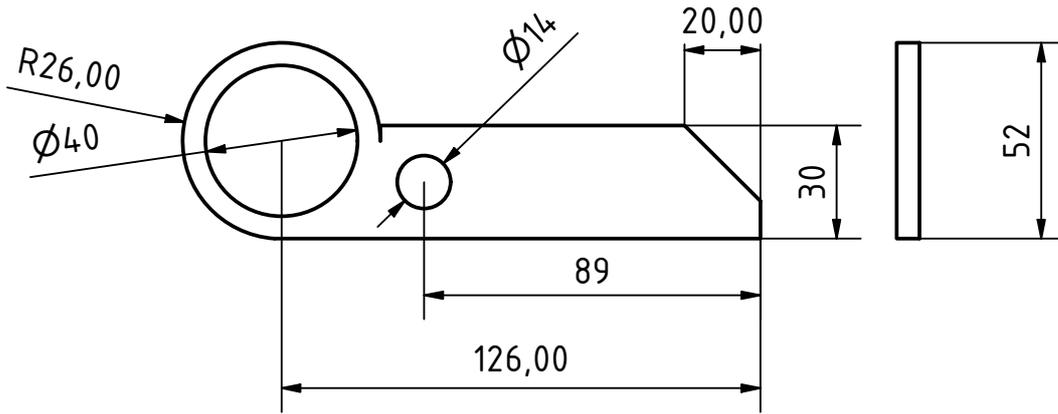


Vista superior
Escala 1:2

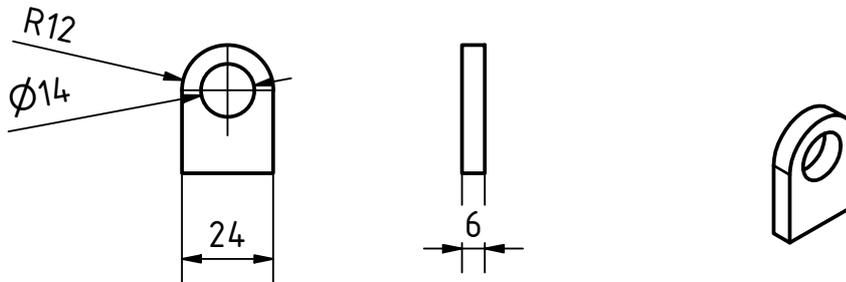


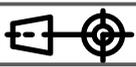
	Fecha	Nombre	Poste Abatible	
Dib.		David Gallardo M.		
Rev.				
Apr.				
Esc. 1:50	Título:		Acero Galvanizado ASTM A123 M	Número de plano:12
	Poste superior			
Toler. Rug.				

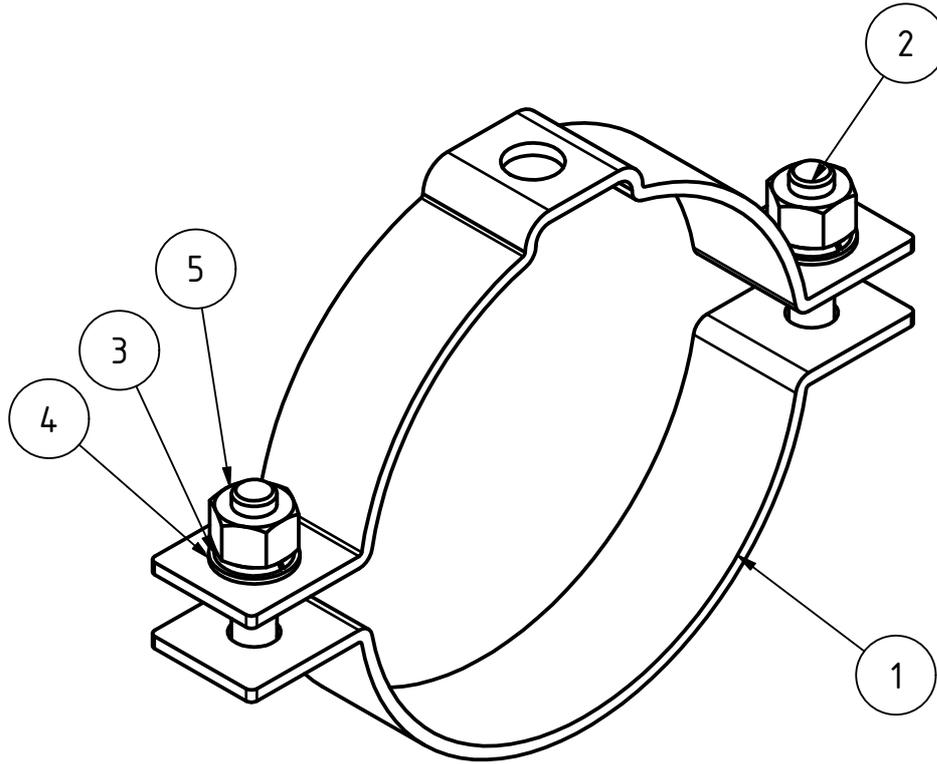
Ojal 1

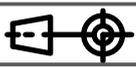


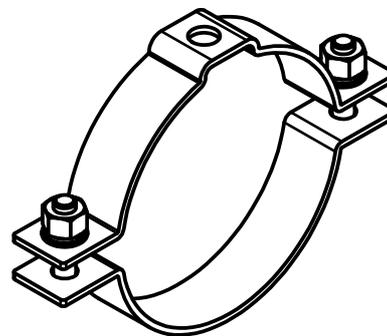
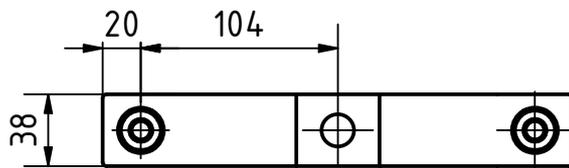
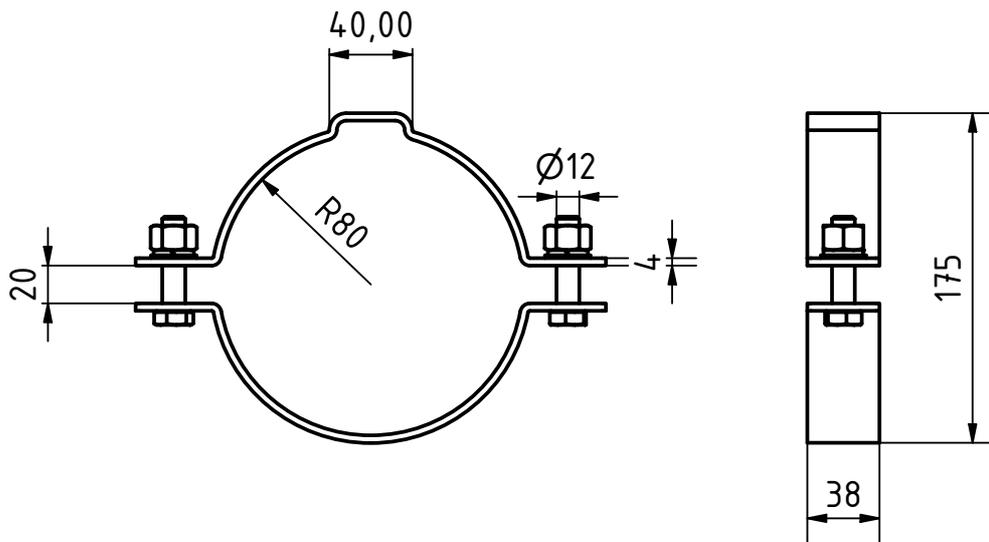
Ojal 2

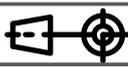


	Fecha	Nombre	Poste Abatible	
	Dib.	David Gallardo M.		
	Rev.			
	Apr.			
Esc. 1 : 2	Título:		Acero ASTM A36	
	Ojales		Número de plano:13	
Toler. Rug.				



PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Abrazadera	Acero Galvanizado
2	2	AS 1110 - M12 x 50	Tornillo de cabeza Hexagonal
3	2	AS 1968 - 1976 - 12	Arandela de presión
4	2	AS 1237 - 12 mm	Arandela Plana
5	2	AS 1252 - M12	Tuerca hexagonal
		Fecha	Nombre
Dib.			David Gallardo M.
Rev.			
Apr.			
Esc. 1 : 2		Título:	
		Abrazadera	
Toler.			
Rug.			
Poste Abatible			
Acero ASTM A36			FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MEGA - ELECTRONICAS U. M. H. P. S. F. M. CH
Número de plano:14			



	Fecha	Nombre	Poste Abatible	
	Dib.	David Gallardo M.		
	Rev.			
	Apr.			
Esc. 1 : 4	Título:		Acero ASTM A36	
	Abrazadera		Número de plano:15	
Toler. Rug.				

ANEXO C: COSTOS DE FABRICACIÓN DEL POSTE ABATIBLE METÁLICO

Tabla C-1: presupuesto del poste metálico abatible

Componente de precio	Unidad	Cantidad	Unitario	Unitario	Parcial	Parcial
Unitario			Bs.	\$US.	Bs.	\$US.
A. Materiales					1,315.0	188.94
Tubo y planchas de acero galvanizado 3mm de espesor	m2	4.5	1140.0	163.79	1140.0	163.79
Placa base de espesor 16mm	m2	0.090	65.0	9.34	65.00	9.34
Nervio 12 mm	m2	0.022	35.0	5.03	35.00	5.03
percha placa de 4 mm	m2	0.020	25.0	3.59	25.00	3.59
Electrodo tipo E6013	paq.	0.020	50.0	7.18	50.00	7.18
B. Mano de obra					578.00	83.05
Cortado de piezas	hr	4.0	41.0	5.891	164.00	23.56
Perforación de las piezas	hr	4.0	41.0	5.891	164.00	23.56
Mano de obra soldadura de las piezas del poste abatible E-6013	hr	5.0	50.0	7.184	250.00	35.92
C. Equipo y herramientas					2.99	0.43
Estuche de herramientas	hr	13.0	0.2	0.033	2.99	0.43
D. Herramientas Menores						4.4
E. Mano de Obra Indirecta						4.2
F. Total Materiales					1315.0	188.9
G. Total Mano de Obra					606.9	87.2
H. Total Equipo					33.3	4.8
I. Parcial Ítem					1955.2	280.9
J. Utilidad					195.5	28.1
K. Subtotal:					2150.8	309.0
L. IVA:					279.6	24.6
O. I. T					64.5	9.3
IU:					48.9	7.0
Total, ítem					2543.8	350

Fuente: Elaboración propia

ANEXO D: EVALUACIÓN ECONÓMICA

Tabla D-1: comparación de precios entre un poste metálico fijo con un abatible.

Costo de los postes abatible y fijo de 10 metros				
Descripción	Material	Carga de rotura (kg.)	Carga de trabajo (kg.)	Total (\$U\$)
Poste metálico abatible	Acero galvanizado	252	168	350
Poste metálico fijo	Acero galvanizado	252	168	290
Poste metálico fijo	Aluminio	176	117	410
Costo por mantenimiento, de luminarias según las herramientas utilizadas				
Descripción	Herramienta	Total (\$U\$)/h.		
Poste metálico Abatible de acero galvanizado de 10 metros	Camioneta, winche	6		
Poste metálico Fijo de acero galvanizado de 10 metros	Grúa canasta	28		
Poste metálico Fijo de aluminio de 10 metros	Grúa canasta	28		

Fuente: Elaboración propia

ANEXO E: TABLAS Y CUADROS

Tablas (cuadros)

Tabla E-1: Detalle dimensiones para la fabricación del anclaje para postes metálicos.

Anclaje a la base						
Descripción	perno de anclaje				Base de concreto	
	Diámetro del perno mm (pulg.)	Distancia entre pernos (mm) "A"	Longitud del perno (mm) "L1"	Longitud doblada (mm)	Profundidad H1(mm)	Lado D (mm)
Poste metálico 9 m	19 (3/4")	190	1200	200	1000	350
Poste metálico 10 m	19 (3/4")	190	1200	200	1000	350
Poste metálico 12 m	19 (3/4")	190	1500	200	1300	350
Poste metálico 14 m	22(7/8")	231	1500	200	1300	400
Poste metálico 16 m	22(7/8")	231	1500	200	1300	550

NOTA: Los pernos y tuercas deben cumplir en cuanto sus roscas la norma ANSI/ASME B1.1 – 1982

Fuente: Especificación técnica para postes metálicos de alumbrado público ET204

Figuras (ilustraciones e imágenes)

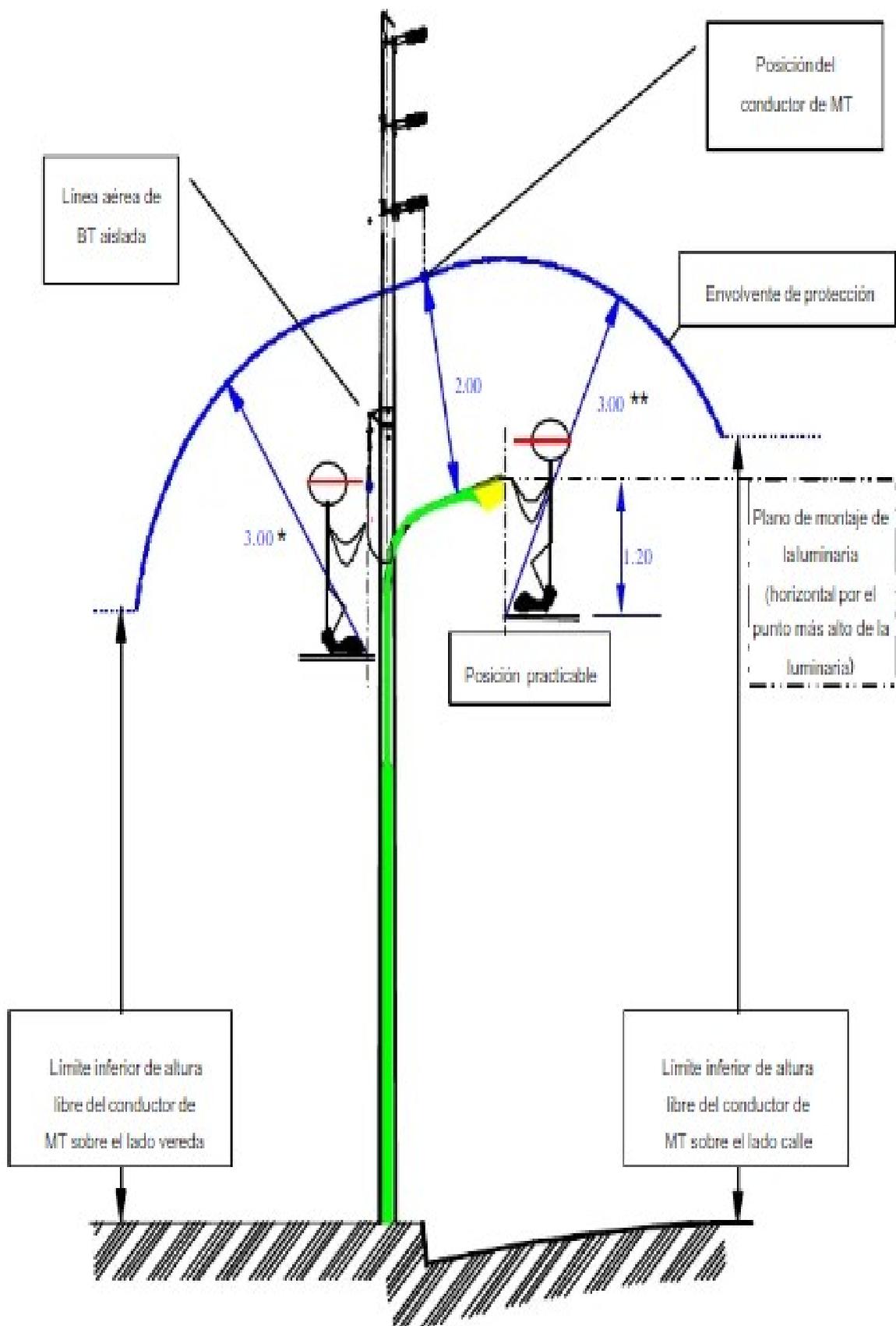


Figura E-1: Esquema ilustrativo de distancias de seguridad en alumbrado público
Fuente: Reglamentación AEA 95703)



Figura E-2: Luminaria vapor de sodio

Fuente: <https://luminarias.alumbradopublico-250w-e40-220v-sodio>

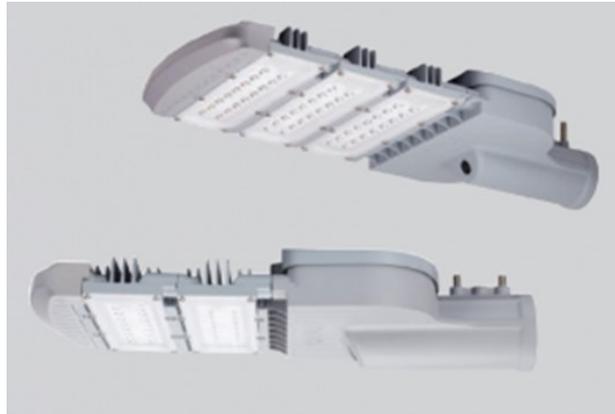


Figura E-3: Luminaria led

Fuente: <https://luminaria-publica-profesional-ip66-150W>



Figura E-4: Kit de luminaria autosustentable

Fuente: <https://kit-solar-integrado-todo-en-dos-s30-s5>



Figura E-5: Luminaria solar para alumbrado público

Fuente: <https://luminaria-publica-profesional-ip66-150W>

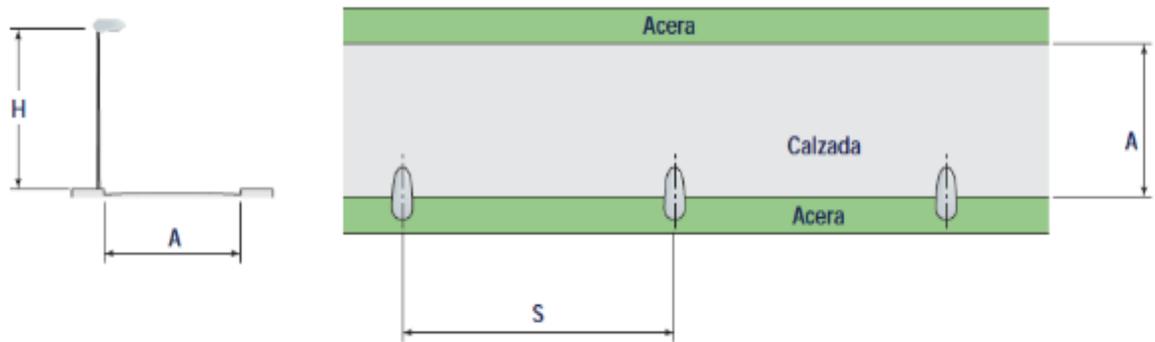


Figura E-6: Disposición unilateral de luminarias.
Fuente: Manual de iluminación INDAL

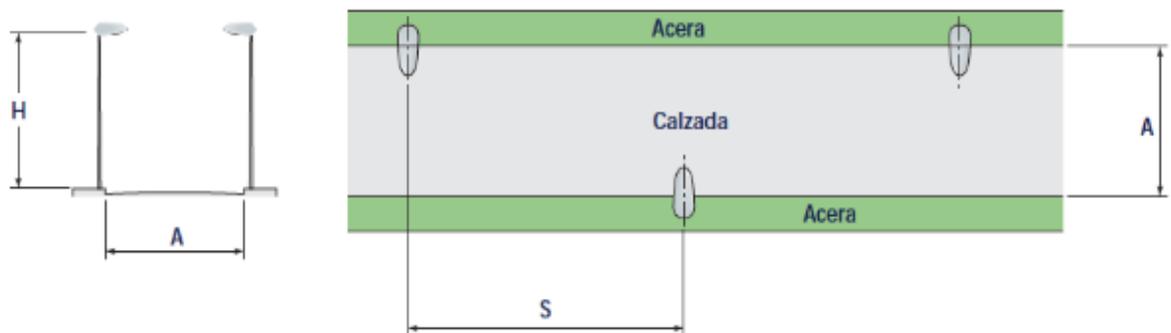


Figura E-7: Disposición bilateral alternada de luminarias
Fuente: Manual de iluminación INDAL

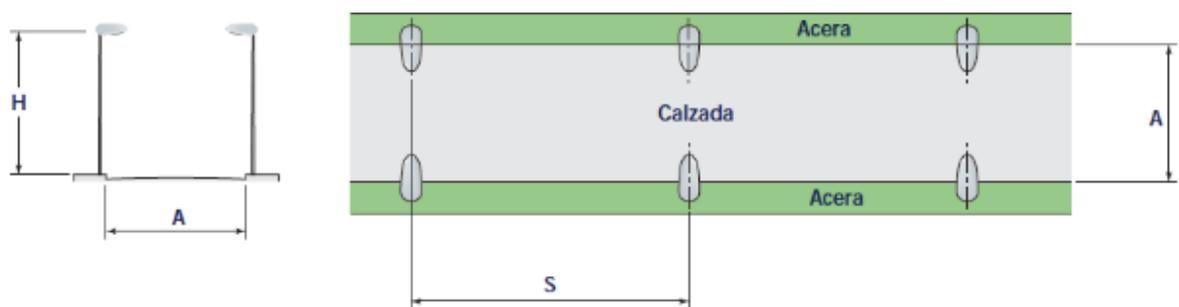


Figura E-8: Disposición de luminarias bilateral en posición
Fuente: Manual de iluminación INDAL

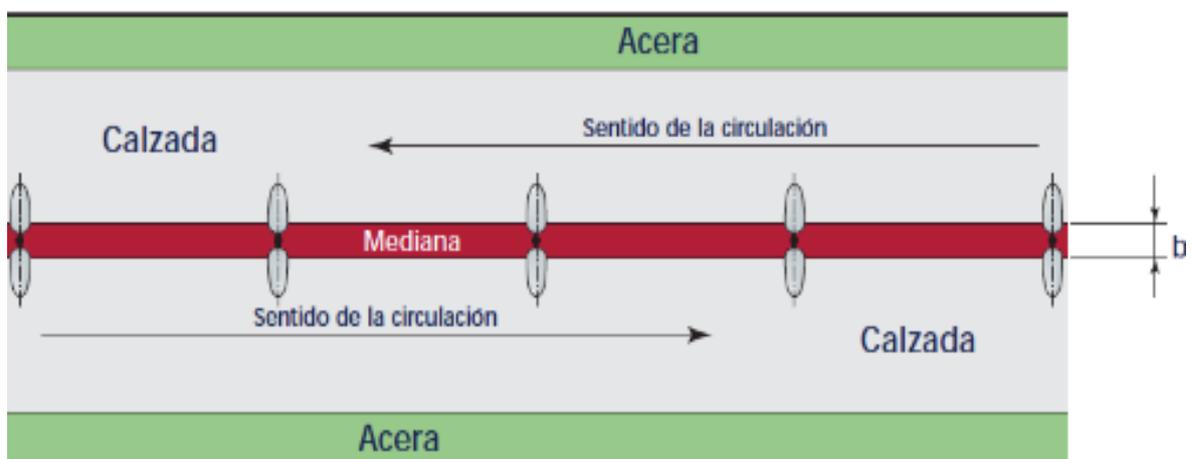


Figura E-9: Disposición central sencilla de luminarias
Fuente: Manual de iluminación INDAL

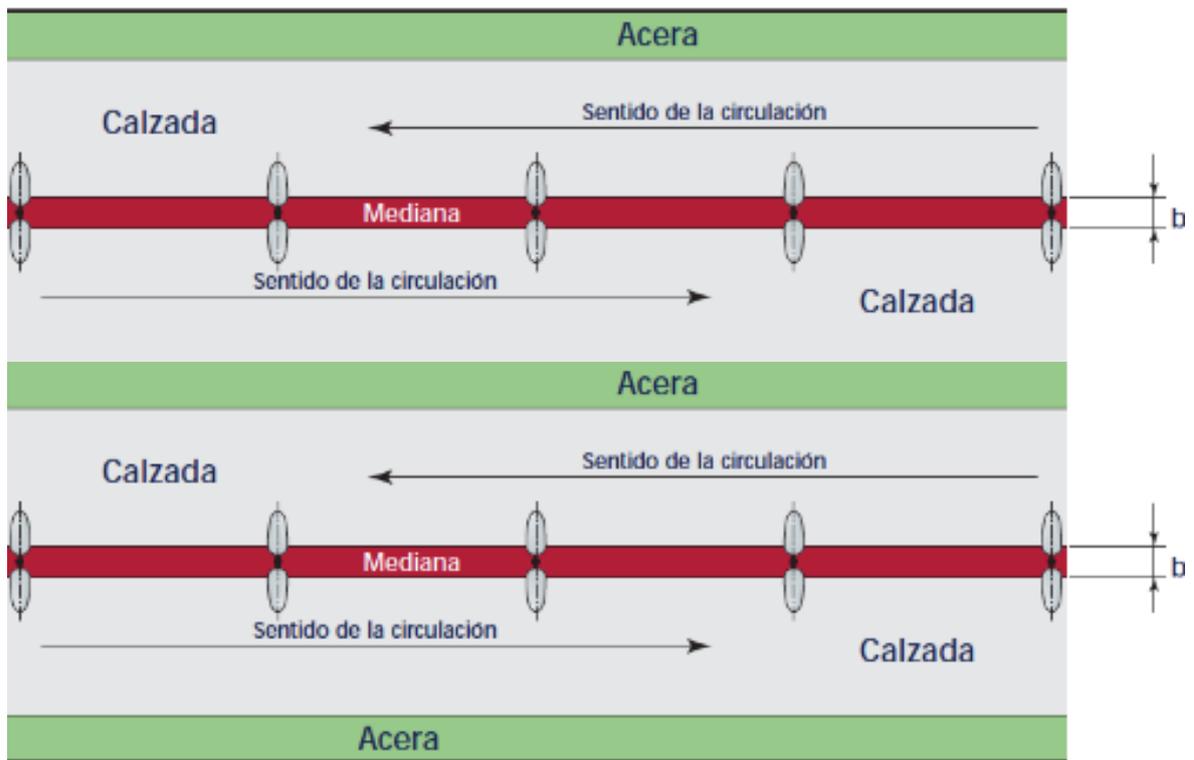


Figura E-10: Disposición central doble de luminarias
Fuente: Manual de iluminación INDAL



Figura E-11: Brazo metálico para luminaria.
Fuente: Elaboración propia



Figura E-12: Vista isométrica de poste abatible.
Fuente: Elaboración propia



Figura E-13: Vista isométrica del poste en posición de abatimiento
Fuente: Elaboración propia



Figura E-14: Vista isométrica de poste abatible parte fija
Fuente: Elaboración propia

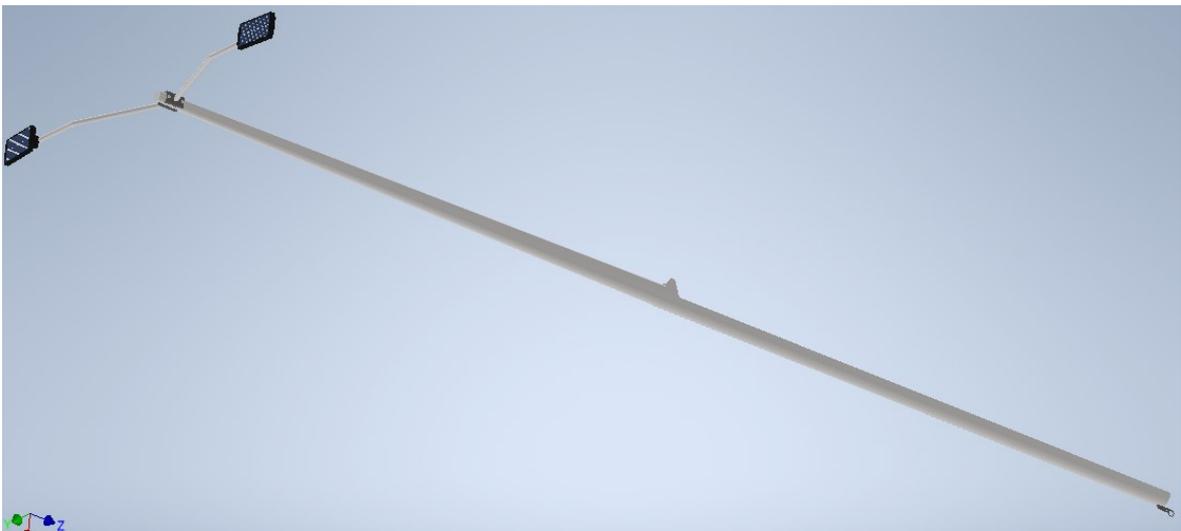


Figura E-15: Vista isométrica de poste abatible parte móvil
Fuente: Elaboración propia

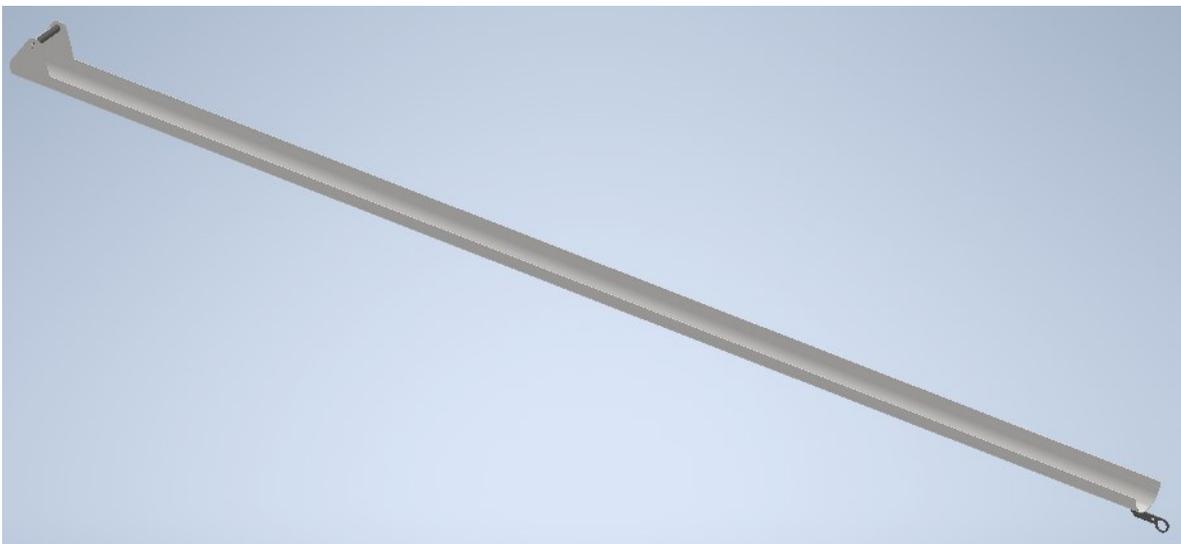


Figura E-16: Vista isométrica de la articulación de poste abatible
Fuente: Elaboración propia



Figura E-17: Zoom de la articulación en posición de abatimiento
Fuente: Elaboración propia

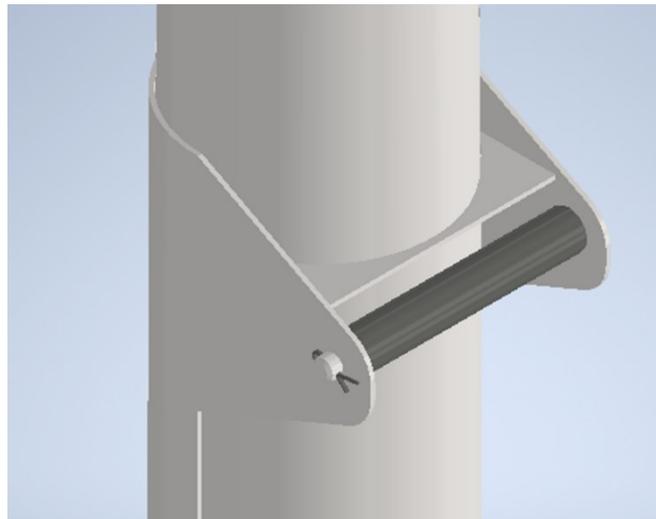


Figura E-18: Zoom de la articulación en posición vertical.
Fuente: Elaboración Propia

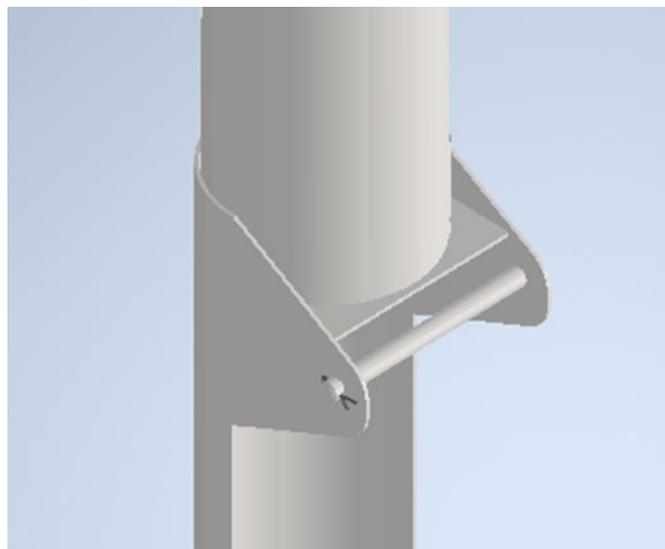


Figura E-19: Articulación y base del poste superior
Fuente: Elaboración propia



Figura E-20: Sistema de articulación
Fuente: Elaboración propia



Figura E-21: Articulación y punta de poste base
Fuente: Elaboración propia

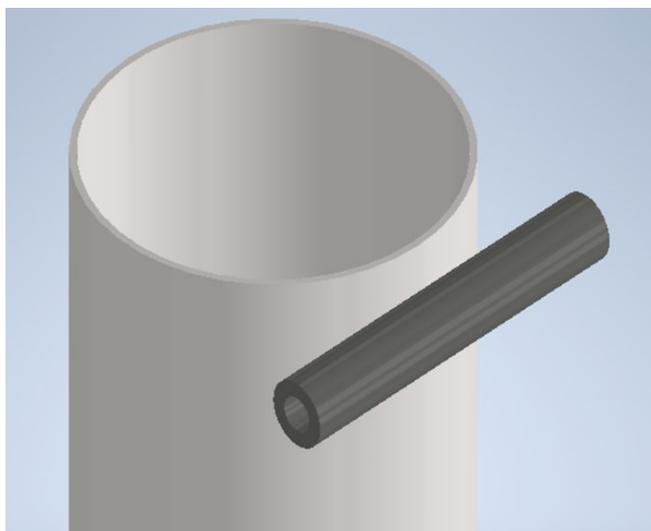


Figura E-22: Punta de poste base
Fuente: Elaboración propia

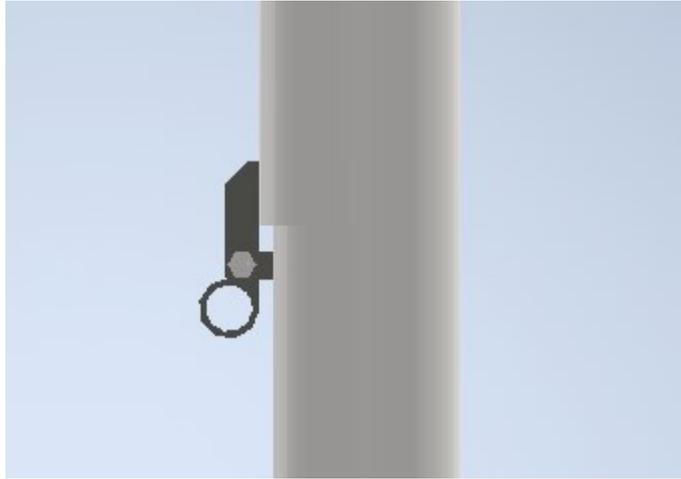


Figura E-23: Vista lateral sistema de bloqueo poste abatible
Fuente: Elaboración propia

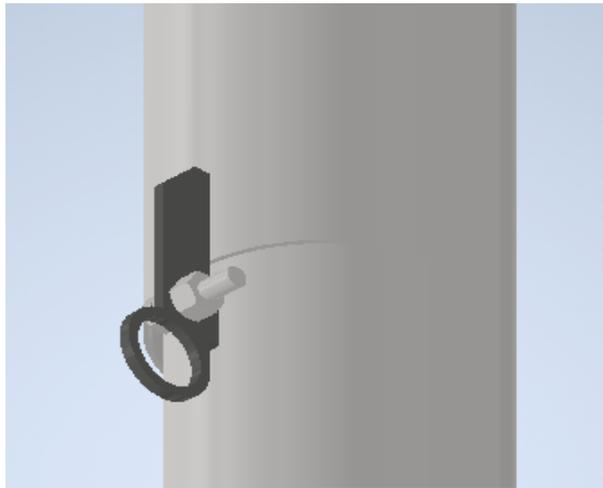


Figura E-24: Vista isométrica sistema de bloqueo poste abatible.
Fuente: Elaboración propia

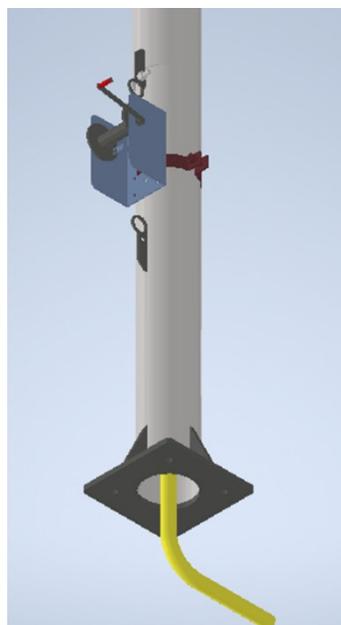


Figura E-25: Ojales y winche
Fuente: Elaboración propia

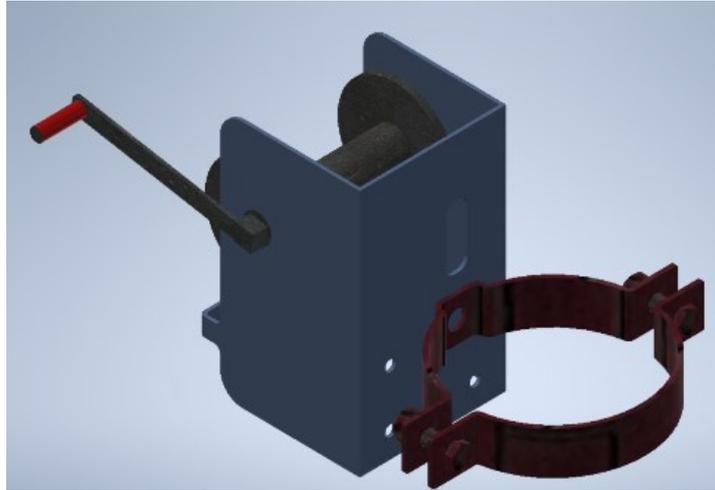


Figura E-26: Conjunto adaptado winche y abrazadera regulable
Fuente: Elaboración propia

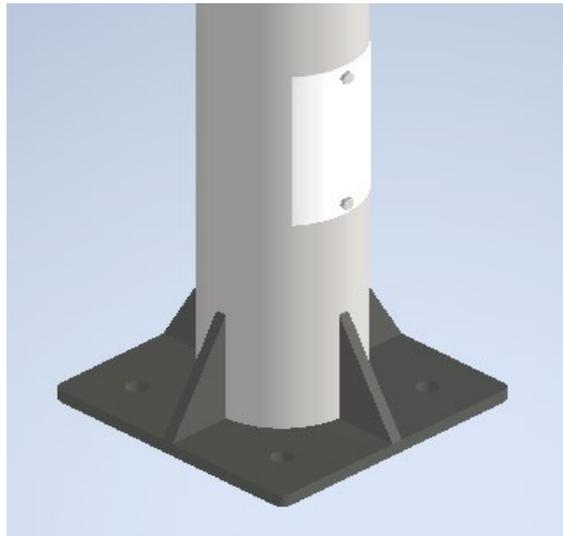


Figura E-27: Detalle de placa base
Fuente: Elaboración propia

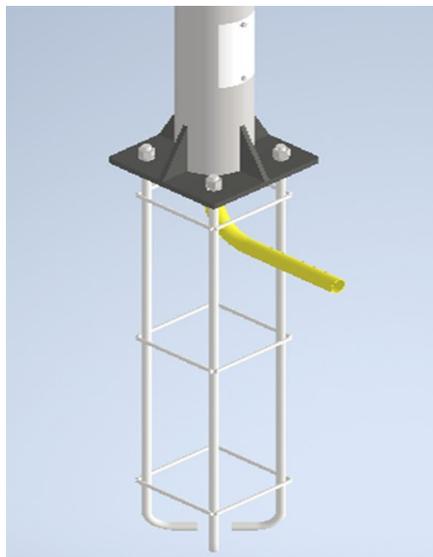


Figura E-28: Detalle de pernos de anclaje.
Fuente: Elaboración propia

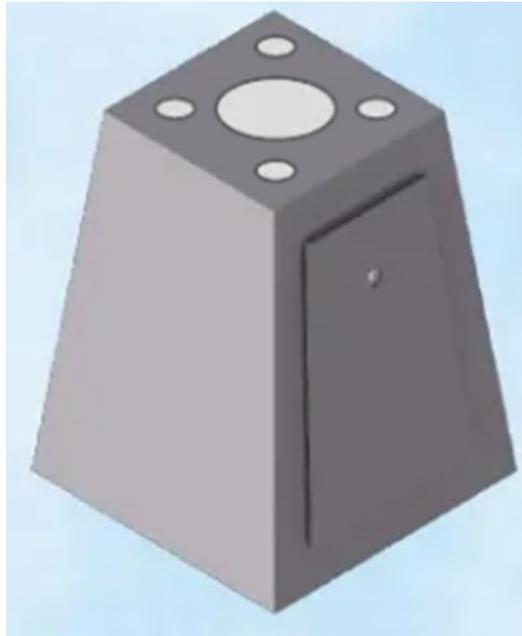


Figura E-29: Cimentación de concreto

Fuente: Catalogo exterlux

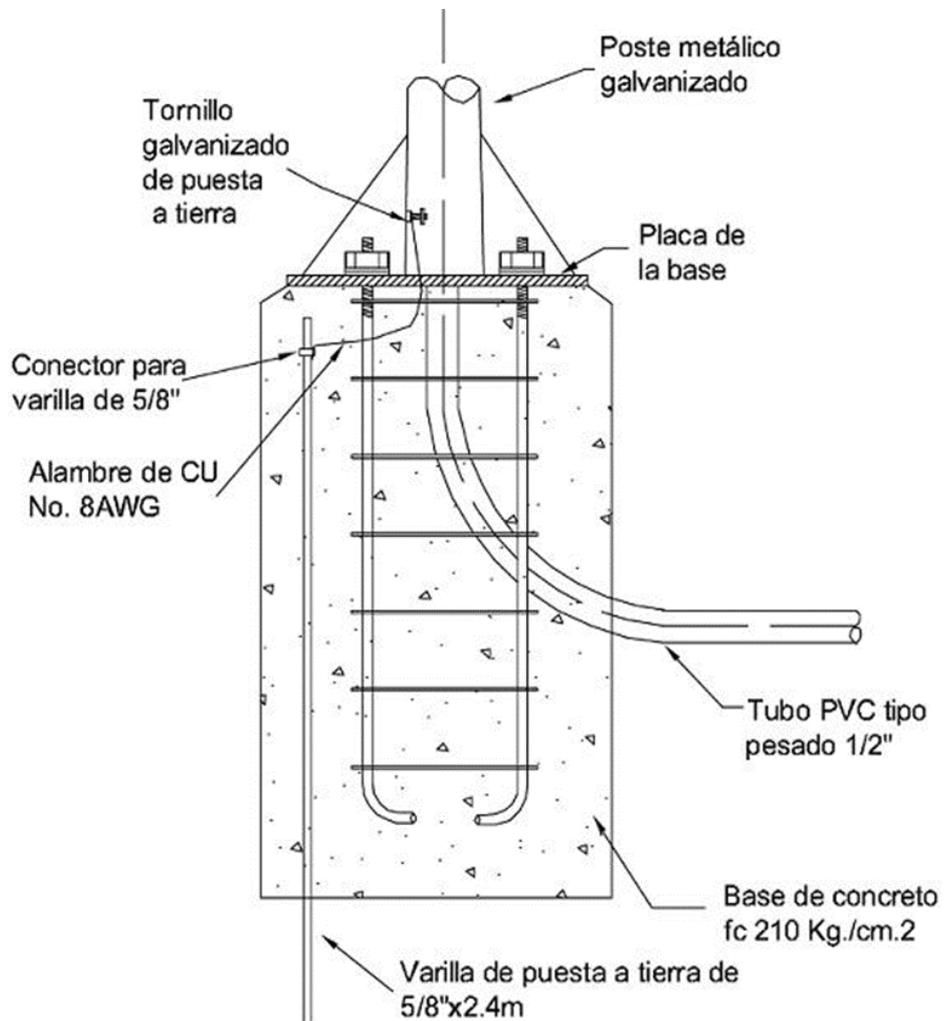


Figura E-30: Detalle completo de placa base, perno de anclaje y sistema de tierra

Fuente: Especificación técnica TE204

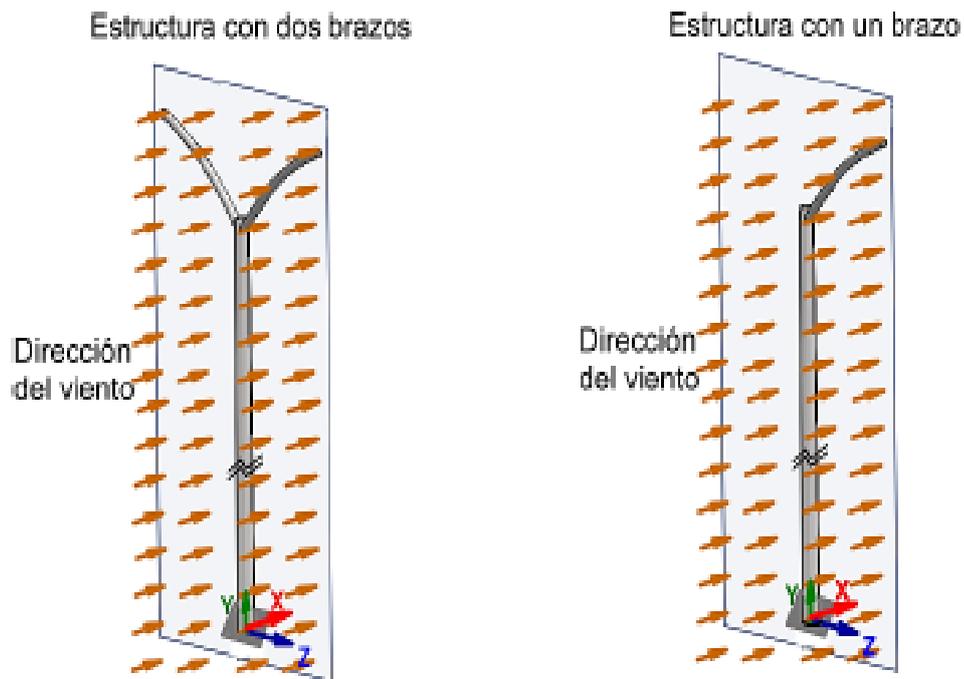


Figura E-31: Área de impacto del viento en un poste de alumbrado público
Fuente: Proyecto análisis estructural de un poste universidad Granma Cuba

Nombre	Acero ASTM A36 y ASTM A123 M	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm ³
	Resistencia a la fluencia	248,225 MPa
	Resistencia máxima ala tracción	399,9 MPa
Stress	Módulo de Young.	199,959 GPa
	Coefficiente de posición	0,3 ul
	Módulo de corte	76,9073 GPa

Figura E-32: Características del acero galvanizado utilizado.
Fuente: Elaboración propia

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	160 N
Vector X	160 N
Vector Y	0 N
Vector Z	0 N

Figura E-33: Fuerza transversal aplicada
Fuente: Elaboración propia



Figura E-34: Fuerza transversal aplicada a 8 metros de la base
Fuente: Elaboración propia

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	27259000 mm ³	
Masa	175,976 kg	
Tensión de Von Mises	0 MPa	97,9349 MPa
1ra Tensión Principal	-23,2641 MPa	78,6996 MPa
3ra Tensión Principal	-83,8509 MPa	12,6103 MPa
Desplazamiento	0 mm	9,5546 mm
Factor de seguridad	2,53459 ul	15 ul

Figura E-35: Resultados de la simulación por carga transversal
Fuente: Elaboración propia

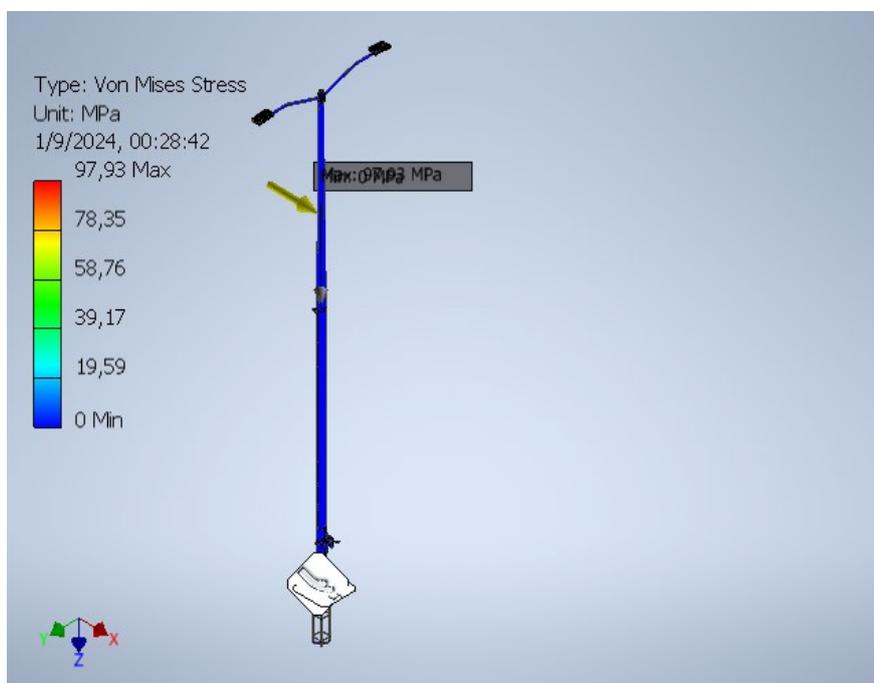


Figura E-36: Tensión de von mises
Fuente: Elaboración propia

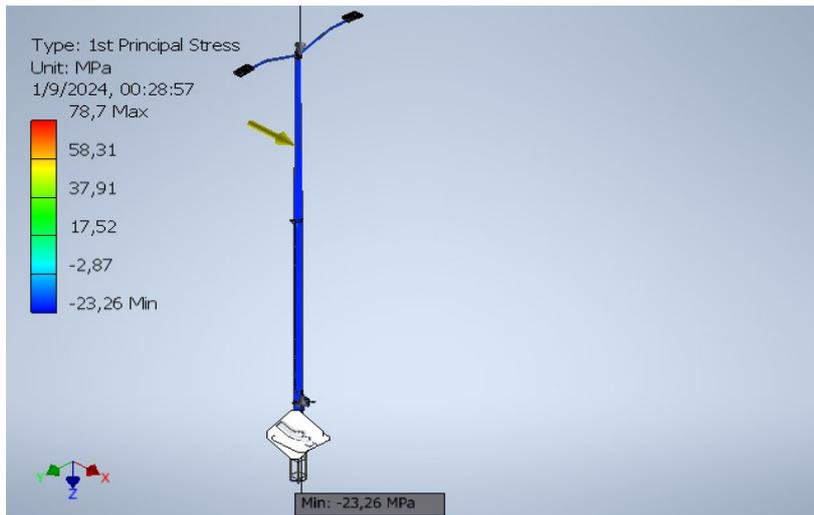


Figura E-37: Primera tensión principal
Fuente: Elaboración propia

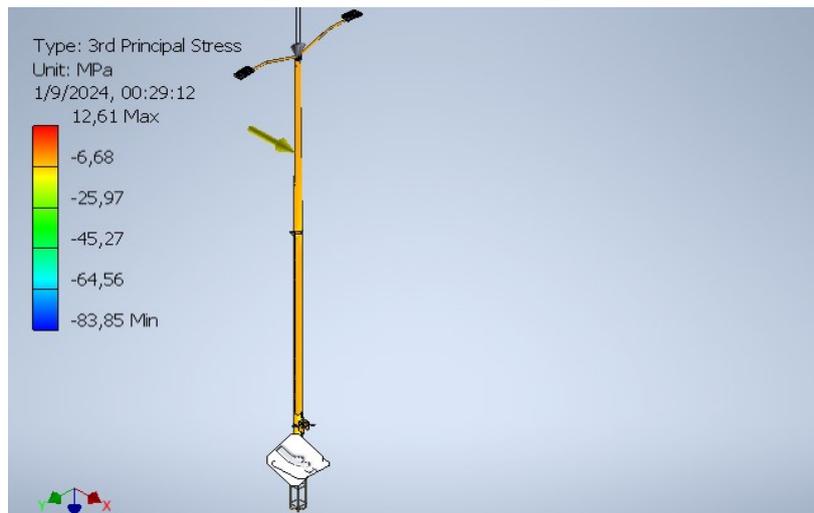


Figura E-38: Tercera tensión principal
Fuente: Elaboración propia

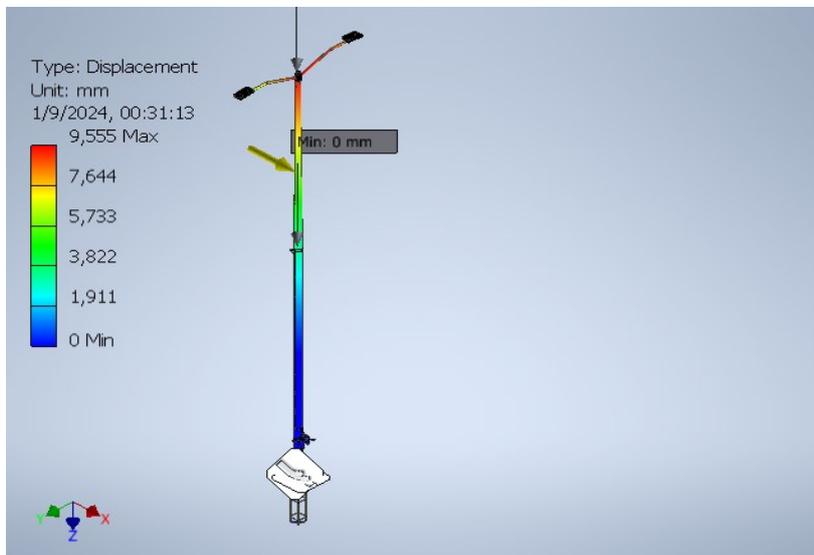


Figura E-39: Desplazamiento
Fuente: Elaboración propia

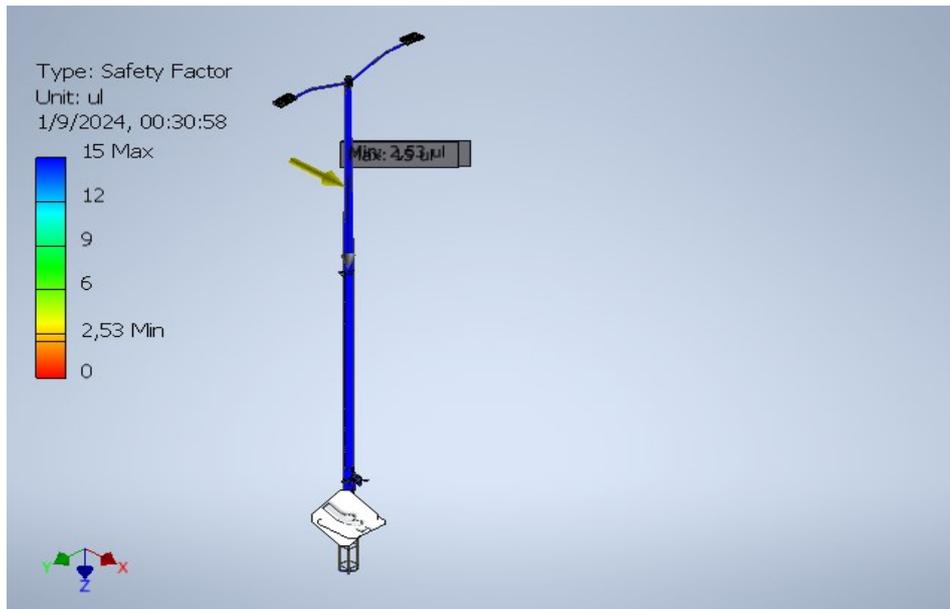


Figura E-40: Factor de seguridad para carga transversal
Fuente: Elaboración propia

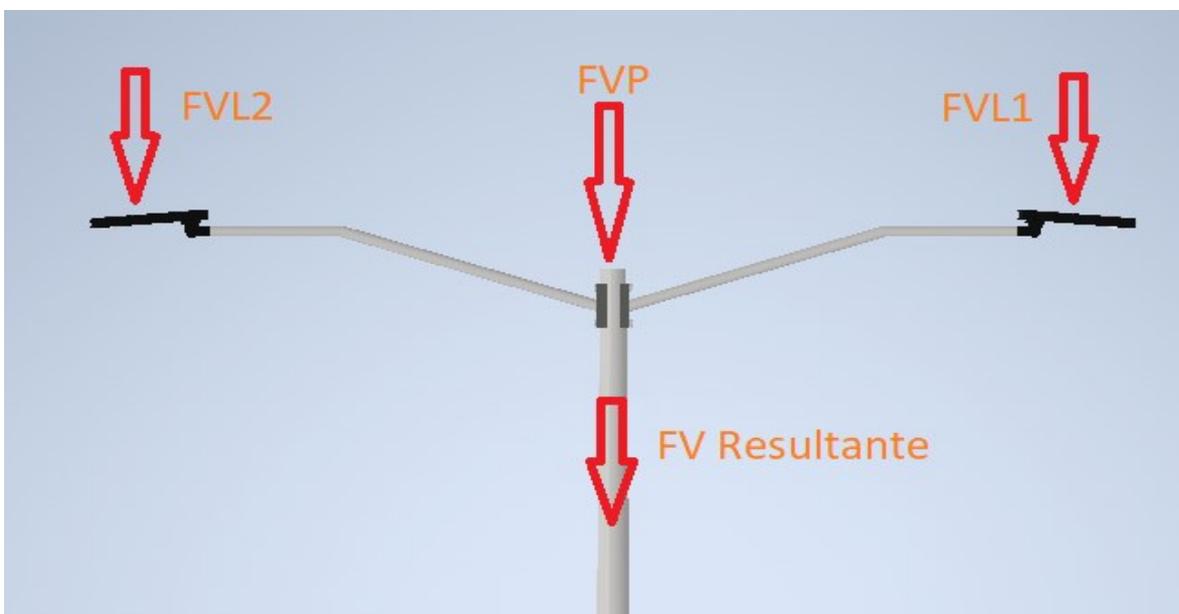


Figura E-41: Cargas verticales que actúan sobre el poste abatible
Fuente: Elaboración propia

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	930 N
Vector X	0 N
Vector Y	0 N
Vector Z	930 N

Figura E-42: Fuerza vertical aplicada
Fuente: Elaboración propia

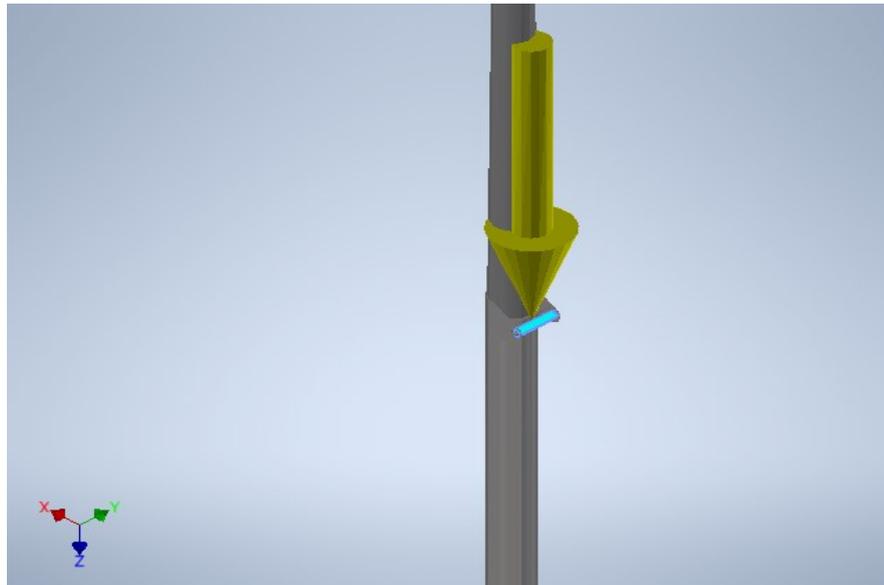


Figura E-43: Fuerza vertical aplicada en el buje de articulación
Fuente: Elaboración propia

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	27259000 mm ³	
Masa	175,976 kg	
Tensión de Von Mises	0 MPa	97,3569 MPa
1ra Tensión Principal	-9,01497 MPa	63,3965 MPa
3ra Tensión Principal	-67,8665 MPa	5,86162 MPa
Desplazamiento	0 mm	4,68475 mm
Factor de seguridad	2,54963 ul	15 ul

Figura E-44: Resultados de la simulación por carga vertical
Fuente: Elaboración propia

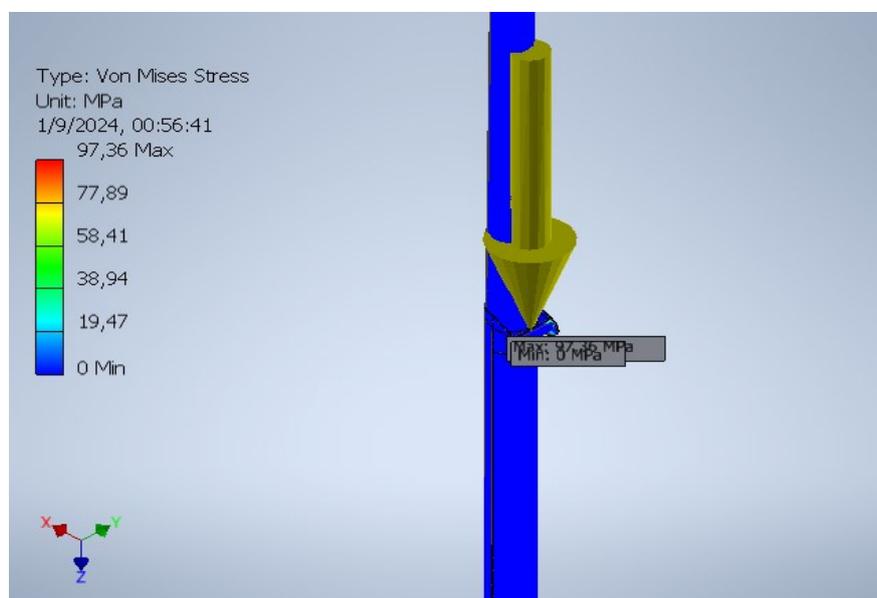


Figura E-45: Tensión de von mises
Fuente: Elaboración propia



Figura E-46: Primera tensión principal
Fuente: Elaboración propia

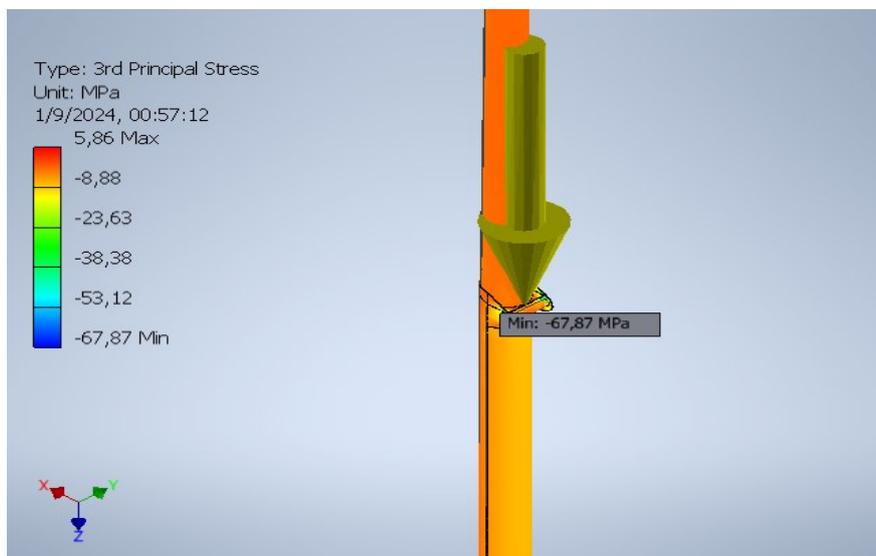


Figura E-47: Tercera tensión Principal
Fuente: Elaboración propia

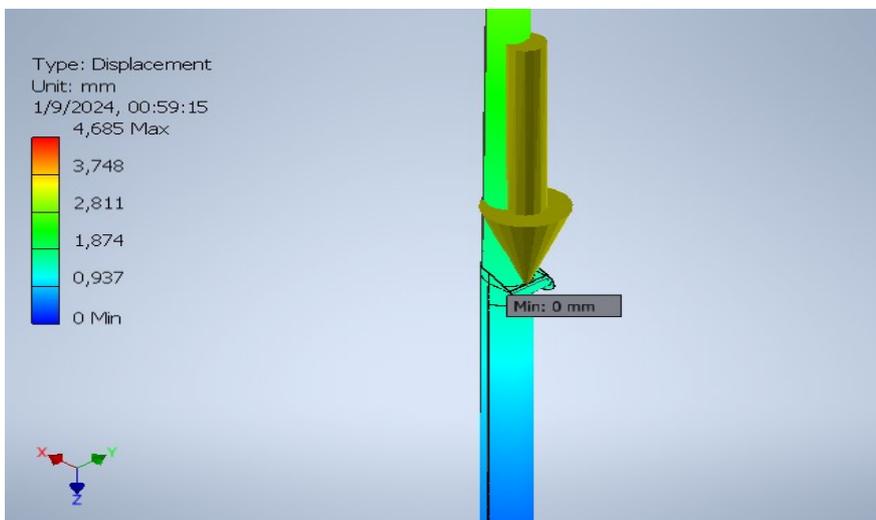


Figura E-48: Desplazamiento
Fuente: Elaboración propia

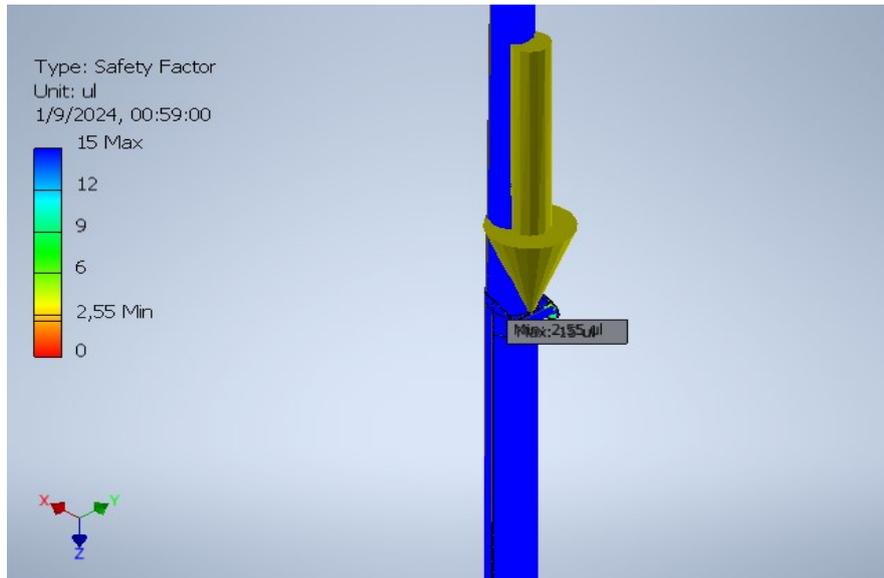


Figura E-49: Factor de seguridad para carga vertical
Fuente: Elaboración propia