

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



**Propuesta de implementación de un diseño de iluminación ornamental
sobre esculturas conectado a un sistema fotovoltaico para el paseo
Yortuque**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

AUTOR

Maximo Alexis Guzman Rosillo

ASESOR

Luis Alberto Gonzales Bazan

<https://orcid.org/0000-0003-3941-9581>

Chiclayo, 2023

**Propuesta de implementación de un diseño de iluminación
ornamental sobre esculturas conectado a un sistema fotovoltaico
para el paseo Yortuque**

PRESENTADA POR
Maximo Alexis Guzman Rosillo

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

Ingeniero Mecánico Eléctrico

APROBADA POR

Alexander Querevalu Morante
PRESIDENTE

Jony Villalobos Cabrera
SECRETARIO

Luis Alberto Gonzales Bazan
VOCAL

Dedicatoria

La presente tesis se la dedico a mi madre con mucho amor y cariño por la ayuda incondicional que me ha dado, de la misma manera a mi padre el cual ya no lo tengo presente, pero siempre será mi ejemplo a seguir.

A mis hermanas Mercedes y Jhuliana, por darme su apoyo durante todo este proceso el cual hizo posible culminar la presente tesis.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por brindarme la vida y por el cual he llegado a ser una persona con valores y creencias firmes.

Asimismo, a mi familia que siempre estuvo presente y me dieron la fuerza necesaria para seguir adelante en los momentos difíciles, especialmente a mi madre América Rosillo Montoya que a pesar de todo siempre se mantuvo fuerte y gracias a eso pude llegar a ser quien soy.

También a la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo por haberme brindado la Beca y poder hacer realidad el deseo de convertirme en un profesional altamente capacitado y de valores.

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

2

dspace.unl.edu.ec

Fuente de Internet

2%

3

repositorio.utc.edu.ec

Fuente de Internet

1%

4

documentop.com

Fuente de Internet

1%

5

oa.upm.es

Fuente de Internet

1%

6

repositorio.uasf.edu.pe

Fuente de Internet

1%

7

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

1%

8

red.uao.edu.co

Fuente de Internet

1%

9

documents.mx

Fuente de Internet

1%

Índice

Resumen	11
Abstract	12
I. Introducción.....	13
1.1 Objetivos	14
1.1.1 Objetivo General	14
1.1.2 Objetivos Específicos.....	14
1.2 Justificación	14
1.3 Situación problemática	15
1.3.1 Formulación del problema	15
II. Revisión de literatura.....	16
2.1 Antecedentes de la investigación.....	16
2.1.1 Antecedentes internacionales	16
2.1.2 Antecedentes Nacionales	18
2.2 Bases Teóricas	19
2.2.1 Eficiencia Energética.....	19
2.2.2 Luminotecnia	20
2.2.3 Flujo luminoso	20
2.2.4 Intensidad luminosa	20
2.2.5 Iluminancia o Nivel de iluminación	21
2.2.6 Luminancia	22
2.2.7 Iluminación por Inundación.....	23
2.2.8 Iluminación Ornamental	23
2.2.9 Sistemas de iluminación.....	26
2.2.10 Energía solar fotovoltaica	29
2.2.11 Situación de la energía solar en el Perú.....	31
2.2.12 Dialux evo	31
III. Materiales y métodos	32

3.1	Enfoque y Diseño.....	32
3.2	Objetos de la investigación.....	32
3.3	Técnicas e instrumentos	34
3.4	Procedimientos	34
3.5	Hipótesis.....	34
IV.	Resultados y discusión	35
4.1	Evaluación diagnóstica	35
4.1.1	Situación actual de la iluminación en sus esculturas.....	35
4.1.2	Selección y determinación del dimensionamiento de las esculturas.	36
4.2	Diseño del sistema de iluminación ornamental sobre esculturas.....	37
4.2.1	Cálculo de los parámetros de iluminación por escultura	37
4.2.2	Criterios de diseño para el sistema de iluminación.	39
4.2.3	Elaboración del diseño lumínico mediante el programa Dialux evo.	41
4.3	Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.....	52
4.3.1	Cálculo del promedio mensual de energía	52
4.3.2	Determinación del índice de radiación solar.....	53
4.3.3	Cálculo y selección de componentes.....	54
4.3.4	Cálculo del rendimiento global de la instalación.....	54
4.3.5	Cálculo del número de paneles solares	56
4.3.6	Selección de la estructura de soporte.....	58
4.3.7	Cálculo del número de baterías.....	59
4.3.8	Selección del Inversor Cargador	59
4.3.9	Selección del Interruptor Horario Digital.....	60
4.3.10	Cableado.....	62
4.3.11	Protecciones	66
4.4	Evaluación Económica.....	68
4.5	Discusión	71

V. Conclusiones	72
VI. Recomendaciones	73
VII.Referencias.....	74
VIII. Anexos	76

Lista de tablas

Tabla 1. Tipos de lámpara y su índice de reproducción cromática.	24
Tabla 2. Niveles mínimos de iluminancia media en servicio del alumbrado ornamental.....	26
Tabla 3. Coeficientes factores de reflexión, absorción y transmisión.....	26
Tabla 4. Principales características de las lámparas.....	28
Tabla 5. Características según el tipo de lámpara	28
Tabla 6. Parámetros de luminancia deseados que se utilizaran para el cálculo en el software Dialux evo	37
Tabla 7. Nivel de iluminación y numero de luminarias calculados en el software Dialux evo	50
Tabla 8. Promedio mensual de energía consumida por luminarias en la etapa 2 del paseo Yortuque.....	52
Tabla 9. Promedio mensual de energía consumida por luminarias en la etapa 3 del paseo Yortuque.....	52
Tabla 10. Variables del sistema fotovoltaico tramo 2 del paseo Yortuque.....	60
Tabla 11. Cálculo del sistema fotovoltaico tramo 2 del paseo Yortuque.....	61
Tabla 12. Variables del sistema fotovoltaico tramo 3 del paseo Yortuque.....	61
Tabla 13. Cálculo del sistema fotovoltaico tramo 3 del paseo Yortuque.....	61
Tabla 14. Distancias y potencia según escultura desde el Sistema Fotovoltaico	63
Tabla 15. Cálculos para la selección de conductores	65
Tabla 16. Selección de tuberías por circuitos.....	66
Tabla 17. Cálculo de la corriente nominal en el tramo 2	67
Tabla 18. Cálculo de la corriente nominal en el tramo 3	67
Tabla 19. Costo de equipos del sistema de iluminación	68
Tabla 20. Costo de los materiales del sistema de iluminación.....	68
Tabla 21. Costo de instalación del sistema de iluminación y fotovoltaico	69
Tabla 22. Costo de los equipos del sistema fotovoltaico	69
Tabla 23 Costo de los equipos del sistema fotovoltaico en un periodo de 20 años	70

Lista de figuras

Ilustración 1. Beneficios de aplicar la eficiencia energética	19
Ilustración 2. Sistema de Alumbrado Público	20
Ilustración 3. Esquema de definición de Iluminancia	21
Ilustración 4. Esquema de definición de Iluminancia.	22
Ilustración 5. Luminancia de una superficie	22
Ilustración 6. Visualización con diferentes CRI.....	25
Ilustración 7. Visualización con diferentes niveles de Temperatura de color.....	25
Ilustración 8. Proyector	27
Ilustración 9. Accesorios y ventajas de Luminaria Decoflood.....	27
Ilustración 10. Disposición de las luminarias.....	29
Ilustración 11. Disposición de las luminarias.....	29
Ilustración 12. Proyecto realizado en Dialux evo	31
Ilustración 13. Ubicación del paseo Yortuque	32
Ilustración 14. Horas de luz natural y crepúsculo	33
Ilustración 15. Energía solar de onda corta incidente diario y promedio.....	33
Ilustración 16. Iluminarias tipo proyector en la escultura Rinchin	35
Ilustración 17. Iluminaria tipo proyector en la escultura Pesca	35
Ilustración 18. Incorrecta iluminación en escultura 28	36
Ilustración 19. Pantalla principal de Dialux evo	41
Ilustración 20. Pantalla de trabajo	42
Ilustración 21. Comando para dibujar un elemento rectángulo	42
Ilustración 22. Colocación de posición y dimensiones de la escultura	43
Ilustración 23. Comando para dibujar un elemento circular	43
Ilustración 24. Colocación de posición y dimensiones del área base.....	43
Ilustración 25. Prisma rectangular terminado y área base.....	44

Ilustración 26.Colocación de la imagen guía	44
Ilustración 27.Área a iluminar.....	45
Ilustración 28.Colocación de posición y rotación de la luminaria	45
Ilustración 29. Comando para colocar el punto de proyección.	46
Ilustración 30.Colocación de la orientación de la luminaria	46
Ilustración 31. Selección del área de cálculo	46
Ilustración 32.Selección para el cálculo de deslumbramiento	47
Ilustración 33. Parámetros de cálculos de la escultura 1.....	47
Ilustración 34.Parámetros de cálculos de la escultura 1 utilizando una luminaria.....	48
Ilustración 35.Parámetros de cálculos de la escultura 1 utilizando dos luminarias.	48
Ilustración 36. Iluminación utilizando luminaria tipo RGB con un solo color para la escultura 1.....	49
Ilustración 37. Iluminación utilizando luminaria tipo RGB con combinación de colores para la escultura 1.	49
Ilustración 38. Datos de ubicación y coordenadas utilizadas en el Software Pvsyst	53
Ilustración 39. Irradiación global horizontal en el paseo Yortuque.	53
Ilustración 40. Tipo de conexión de los paneles del tramo2 del paseo Yortuque	57
Ilustración 41. Tipo de conexión del panel de el tramo3 del paseo Yortuque	57
Ilustración 42 Estructura Monoposte Regulable 2x2 paneles	58
Ilustración 43Estructura Con Poste 1 Panel 18H1-15°.....	58
Ilustración 44.Máximo número de conductores de una dimensión en tuberías pesadas o livianas según CNE	65
Ilustración 45. Esquema de conexión de diodos	67
Ilustración 46 Costo promedio ponderado global de electricidad (USD/kWh)	70

Resumen

El paseo Yortuque tiene una inadecuada iluminación localizada en sus 43 esculturas siendo estas su mayor atractivo y de igual manera a lo largo de todo su recorrido, convirtiéndolo en una zona poco segura para el tránsito nocturno, y así originando el desaprovechamiento de esta zona turística. Por lo cual se tiene como objetivo realizar un diseño para esculturas en exteriores, abasteciéndolo con un sistema fotovoltaico dando así una visión tecnológica y autosustentable, teniendo un enfoque eco amigable en comparación a los sistemas tradicionales de iluminación. Para realizar el diseño lumínico se definió los parámetros de índice de reproducción cromática seleccionando la luminaria tipo Led, temperatura de color entre 2 500 K y 4 000k por el tipo de color de la escultura, nivel de iluminación los cuales irán de 180-220 Lux en color cobre metálico y de 200-240 Lux en color xanadu y el deslumbramiento menor a 10. Los cuáles se emplearon en el software Dialux evo desarrollando así un diseño lumínico sencillo y asequible para la iluminación en esculturas. Finalmente, se realizó la evaluación económica del diseño lumínico y del sistema fotovoltaico.

Palabras clave: Diseño de iluminación, esculturas, sistema fotovoltaico, paseo Yortuque.

Abstract

The Yortuque walk has inadequate localized lighting in its 43 sculptures, these being its main attraction and in the same way throughout its entire route, making it an unsafe area for night traffic, and thus causing the waste of this tourist area. Therefore, the objective is to carry out a design for outdoor sculptures, supplying it with a photovoltaic system, thus giving a technological and self-sustaining vision, having an eco-friendly approach compared to traditional lighting systems. To carry out the lighting design, the parameters of the color rendering index were defined, selecting the Led-type luminaire, color temperature between 2 500 K and 4 000 K for the type of color of the sculpture, lighting level which will range from 180-220 Lux in metallic copper color and 200-240 Lux in xanadu color and glare less than 10. These were used in the Dialux evo software, thus developing a simple and affordable lighting design for lighting sculptures. Finally, the economic evaluation of the lighting design and the photovoltaic system was carried out.

Keywords: Illumination design, sculptures, photovoltaic system, Yortuque walk.

I. Introducción

El paseo Yortuque es uno de los pocos museos al aire libre existentes en Perú por lo cual se necesita que tenga un espacio de primer nivel de turismo y atracción, el cual no es el caso este se encuentra con un déficit de iluminación lo que la hace una zona insegura y de poca atracción turística. La iluminación ornamental es un este tipo de iluminación que consiste en dirigir todos los haces de luz de los proyectores sobre el monumento que se desea iluminar es decir que va a estar centralizada en las esculturas, mediante la propuesta de implementación de un diseño de iluminación ornamental sobre esculturas se pretende convertir sus monumentos arquitectónicos en un hito nocturno que permita identificar el legado histórico de Lambayeque. Se opta por trabajar con energía renovable en este caso con paneles solares ya que va de la mano con el concepto de desarrollo sostenible y por ser una de las que más se puede aprovechar en la región de Lambayeque.

En el marco teórico se da a conocer los antecedentes internacionales y nacionales, los conceptos de eficiencia energética, sistemas de iluminación, los criterios de diseño para la iluminación ornamental, tecnología led, sistemas fotovoltaicos y Dialux evo. En la metodología se describe el tipo de enfoque y diseño a utilizar, los objetos de investigación, así como las características del lugar, las técnicas e instrumentos a utilizar páginas web, guías, hojas de cálculo y fichas técnicas. Y finalmente se muestran los desarrollos y resultados, donde se analizó la situación actual de iluminación del paseo Yortuque y selecciono las esculturas a iluminar, donde se utilizó el software luminotécnico Dialux evo para la elaboración del diseño de iluminación ornamental sobre esculturas, y se dimensiono el sistema fotovoltaico donde posteriormente se realizó la evaluación económica del diseño lumínico del paseo Yortuque.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Proponer un diseño innovador de iluminación ornamental por proyección sobre esculturas conectado a un sistema fotovoltaico para el paseo Yortuque.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar una evaluación diagnóstica del tipo y posición de las fuentes lumínicas e incidencia solar de las esculturas del paseo Yortuque.
- Diseñar el sistema de iluminación ornamental sobre esculturas utilizando el programa de luminotecnía Dialux evo.
- Dimensionar el sistema fotovoltaico apropiado para el sistema de iluminación propuesto.
- Realizar la evaluación económica del diseño lumínico del paseo Yortuque.

1.2 Justificación

Social: Al mejorarse la iluminación de las esculturas se aumenta la capacidad de atracción de la ciudad y promueve el aumento de turismo. Así mismo ofrece mayor seguridad y confort a los residentes locales. Otro punto es que se utiliza tecnología LED el cual no emite radiación infrarroja ni ultravioleta por lo que no es perjudicial para la salud.

Económico: Al mejorar la calidad lumínica del Paseo Yortuque promoverá el aumento de turismo y seguridad de la zona, brindando una experiencia única a los visitantes. Al utilizarse tanto Leds como paneles solares se pretende reducir el costo tanto en la ejecución como en el mantenimiento de este.

Ambiental: Se pretende fomentar el uso de energías renovables para ser utilizadas en la iluminación de distintos sectores, ya que si se usan junto a la tecnología LED resultan más rentables. Los LED presentan una mayor eficiencia energética por lo que son más duraderos y

eficientes, no contienen elementos tóxicos que son perjudiciales para la salud y tienen una vida útil seis veces mayor a otros tipos de bombillas.

Tecnológico: Desarrollar un diseño lumínico por proyección sencillo y asequible el cual se empleará para todo tipo de esculturas, por lo que se utilizará el software Dialux evo, este hace posible que se realice un análisis cuantitativo sencillo de un proyecto, y su opción de renderización 3D nos permitirá observar de manera casi realista como quedaría el proyecto.

1.3 Situación problemática

El principal objetivo de la construcción del paseo Yortuque fue darle a la ciudad de Chiclayo un espacio recreativo, con alto contenido cultural de la historia de Lambayeque para ser uno de los lugares turísticos más concurridos en la región el cual no se ha podido dar.

Esto por la insuficiente iluminación en todo el recorrido del paseo Yortuque, el cual lo vuelve una zona poco segura para el tránsito nocturno, originando el desaprovechamiento de esta zona turística, la cual también posee una inadecuada iluminación localizada en sus esculturas siendo estas su mayor atractivo turístico.

1.3.1 Formulación del problema

Por esto el presente trabajo de tesis propone un diseño innovador de iluminación ornamental sobre esculturas con tecnología LED alimentado por paneles fotovoltaicos, dándole así una visión tecnológica y autosustentable, teniendo un enfoque eco amigable en comparación a los sistemas tradicionales de iluminación

II. Revisión de literatura

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Título: Propuesta de normativa de iluminación para zonas recreativas y deportivas de la ciudad de Quito, realizando un estudio Técnico - Económico con la situación actual.

Autor (es): Nieto Bravo

Año: 2015

Se presenta la importancia de establecer una normativa que cubra las necesidades en zonas recreativas y deportivas de la ciudad de Quito, implementando luminarias con tecnología eficiente que aporten positivamente al medio ambiente y a los usuarios de estos lugares, se analiza las ventajas, desde el punto económico. [1]

Correlación: Ambas investigaciones vinculan en la importancia de la implementación lumínica con tecnología eficiente.

Título: Diseño de iluminación eficiente de parques aplicando nuevas tecnologías.

Autor (es): Juan Armando

Año: 2015

Con el desarrollo del proyecto se efectuó un análisis general del alumbrado público ornamental existente en el área que conforma el parque recreacional Jipiro, con el estudio efectuado se determinó la situación actual del sistema de iluminación, considerando para este análisis todas las variables que integran un sistema de iluminación, la evaluación se efectuó considerando la normativa de la CIE y CONELEC 08/11 vigente en el país, la cual determina los niveles de iluminancia necesarios para este tipo de escenarios. Para determinar la situación actual y la propuesta de mejoras se realizaron cálculos luminotécnicos y se utilizó el software Dialux, ya con todo esto se plantea la utilización de un sistema de iluminación LED para mejorar la iluminación del parque. Con la información obtenida en el levantamiento de la base de datos, de los niveles de iluminación que presenta el parque en los diferentes ambientes que lo conforman, y haciendo uso del software Dialux y Arcgis fue posible la creación del mapa lumínico del

parque, en dos escenarios, situación actual y propuesta de iluminación con tecnología LED. [2]

Correlación: Ambas investigaciones vinculan la utilización del software Dialux para el análisis luminotécnico.

Título: Diseño Y Construcción De Un Sistema De Iluminación A Base De Celdas Fotovoltaicas Empleando Lámparas Led En El Corredor (Pumabus), De La Fes Zaragoza Campus II

Autor (es): Fidencio Quezada Alejandro, Gomora Becerril Roberto Carlos

Año: 2013

El presente trabajo tiene como finalidad el diseño y construcción de un sistema de alumbrado en el corredor del Puma Bus de la F.E.S. Zaragoza Campus II el cual está compuesto de un sistema de celdas fotovoltaicas, lámparas LED y baterías de almacenamiento, entre otros componentes. Los resultados de la investigación y de los cálculos arrojaron que las lámparas LED's son las más idóneas para el sistema dado su bajo consumo de energía y su capacidad lumínica y el ahorro Económico acorde a lo necesario en las Normas Oficiales Mexicanas. Las celdas fotovoltaicas son de tipo poli cristalinas las cuales después de haber realizado un cálculo de demanda energética se instalaron seis torres con dos paneles de celdas FV con un total de 12 paneles que otorgan el requerimiento necesario para el abasto y almacenaje del sistema. [3]

Correlación: Ambas investigaciones vinculan en la implementación de celdas fotovoltaicas para la alimentación del sistema eléctrico.

Título: Propuesta De Alumbrado Con Iluminación Tipo Led Y Paneles Fotovoltaicos

Autor (es): Guerrero Flores Alan Uriel, Vázquez Ruiz Iván

Año: 2016

En la presente tesis se efectuará la propuesta de alumbrado para el establecimiento de la DAE implementando luminarias con la tecnología tipo LED, la cual va estar alimentada por paneles fotovoltaicos, basándose en los cálculos correspondientes para el área de iluminación y de alimentación de paneles fotovoltaicos, estando dentro de los estándares de iluminación. [4]

Correlación: Ambas investigaciones vinculan la utilización de tecnología LED y la alimentación con paneles solares.

Título: Diseño de iluminación con luminarias tipo LED basado en el concepto eficiencia energética y confort visual, implementación de estructuras para pruebas

Autor (es): Miguel Paul Castro Guamán

Año: 2015

El objetivo principal es realizar un diseño de iluminación para el confort visual considerando los parámetros de iluminación uniforme, luminancia optima, ausencia de brillos deslumbrantes, condiciones de contraste adecuadas, colores correctos, ausencia de luces intermitentes utilizando el simulador Dialux. [5]

Correlación: Ambas investigaciones vinculan el modo de diseño de iluminación.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Título: Propuesta para la reducción de consumo eléctrico y optimización de iluminación en el instituto de informática de la universidad nacional del altiplano implementando un sistema fotovoltaica y tecnología led

Autor (es): Oscar Cáceres Uscca

Año: 2018

Esta tesis busca reducir los costos de energía eléctrica y de mantenimiento en iluminación en interiores de un instituto. Implementando un sistema a medida, autónomo y eficiente que reemplace el sistema actual instalado. Este proyecto enfoca el análisis de la iluminación basados en focos ahorradores en este caso tecnología led. [6]

Correlación: Ambas investigaciones vinculan la utilización de tecnología LED y la alimentación con paneles solares de una manera eficiente.

Título: Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para abastecimiento eficiente de energía en el ámbito rural

Autor (es): Jaime Salazar Espinoza

Año: 2017

Este proyecto de tesis consistió en diseñar un sistema fotovoltaico para abastecer de una manera eficiente de energía eléctrica en el ámbito rural. Se inició con la elaboración de un módulo fotovoltaico considerando una buena selección de los equipos y correcto modo de operación. [7]

Correlación: Ambas investigaciones vinculan el uso de paneles fotovoltaicos para la alimentación eficiente de un sistema.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Eficiencia Energética

Se entiende como la práctica que tiene como objetivo reducir el consumo de energía y proteger el medio ambiente. [8]

Se refiere a la utilización de tecnologías que requieren una menor cantidad de energía para conseguir el mismo rendimiento o realizar la misma función. Para poder hablar de energía sostenible se debe de tener en cuenta dos cosas la eficiencia energética y la energía renovable. Ambas deben desarrollarse a la vez para estabilizar y reducir las emisiones de dióxido de carbono. En este proyecto se utilizaron dos puntos importantes: [9]

- **Uso de energías renovables:** El uso de las fuentes alternativas de energía hace que nuestro consumo sea más amigable con el medio ambiente, es decir que las emisiones de CO₂ y nuestra huella ecológica se reducirían notablemente, convirtiéndolo en un sistema de iluminación altamente ecológica y con menores gastos energéticos, pese a tener una alta inversión.
- **Iluminación:** Mediante el uso de los Leds, esta alternativa puede generar un ahorro energético de hasta un 80% con respecto a la iluminación tradicional (con bombillas convencionales) y al igual que en el uso de energías renovables es eco amigable gracias a los materiales que lo componen.



Ilustración 1. Beneficios de aplicar la eficiencia energética

Fuente: Ecología Hoy Web

Requisitos mínimos de eficiencia energética:

- Iluminar únicamente la superficie que se quiere alumbrar.
- Utilizar luminarias y proyectores de elevada eficiencia luminosa.
- El sistema de alimentación debe de contar con equipos con bajas pérdidas y debe de estar dimensionado para la carga obtenida.

2.2.2 Luminotecnia

Es la ciencia que estudia las distintas maneras de producción de luz, así como su aplicación y control, es quiere decir, que es una iluminación con luz artificial con fines específicos. Las principales magnitudes fotométricas son intensidad luminosa, flujo luminoso, iluminancia y luminancia. [10]

2.2.3 Flujo luminoso

Es la cantidad total de luz radiada o emitida por una fuente en todas las direcciones durante un segundo. Pero dicho flujo luminoso no es repartido de forma uniforme este es dependiente del tipo de luminaria a utilizar.

El flujo luminoso se define como la potencia propia de una fuente de luz. Se simboliza mediante la letra griega ϕ y su unidad es el lumen (lm). [2]

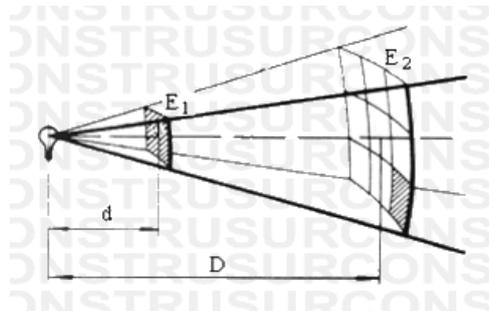


Ilustración 2. Sistema de Alumbrado Público

Fuente: J. Armando, 2015

2.2.4 Intensidad luminosa

Es la cantidad de luz emitida en un segundo y en una determinada dirección considerándola contenida con un ángulo sólido. Esta magnitud es la más importante para la consideración del tipo de luminaria a utilizar en las esculturas ya que estas tienen una forma irregular. Está gobernada por la siguiente formula: [2]

$$I = \frac{\phi}{\omega}$$

Donde:

I: Intensidad luminosa en una dirección (cd).

ϕ : Flujo luminoso contenido en el ángulo sólido (lm).

ω : Ángulo sólido

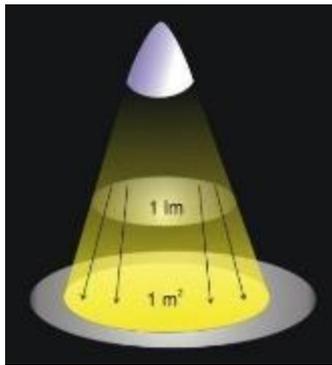


Ilustración 3. Esquema de definición de Iluminancia

Fuente: J. Armando, 2015

2.2.5 Iluminancia o Nivel de iluminación

Es una magnitud característica que se le da al objeto que se quiere iluminar, es decir, el valor de la cantidad de luz que se requiere en la superficie, al ser iluminado por una fuente de luz, su símbolo es la letra E y su unidad es el Lux (lx). [2]

Está gobernada por la siguiente formula:

$$E = \frac{\phi}{S}$$

Dónde:

E= Iluminancia (lx).

S= Superficie (m²).

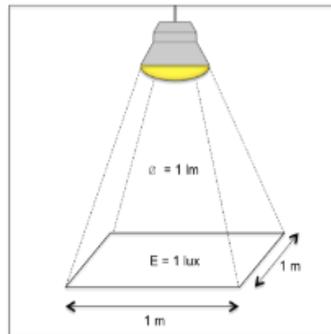


Ilustración 4. Esquema de definición de Iluminancia.

Fuente: J. Armando, 2015

2.2.6 Luminancia

Se define como la sensación luminosa que es dada por los efectos de la luz cuando llega a la retina del ojo puede ser por una fuente de luz primaria o secundaria (la que emite luz o la que la refleja), es representada por la letra L y su unidad es la candela/m² (Cd/m²). La luminancia viene dada por la expresión: [2]

$$L = \frac{I}{S \times \cos \beta}$$

Dónde:

L = Luminancia (Cd/m²).

I = Intensidad Luminosa (Cd).

S = Superficie Iluminada (m²).

B = Angulo que se forma entre el plano iluminado y la proyección visual del observador.

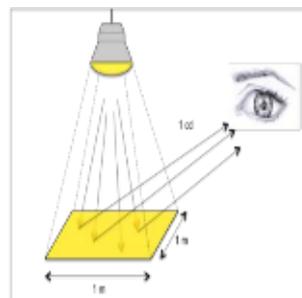


Ilustración 5. Luminancia de una superficie

Fuente: J. Armando, 2015

2.2.7 Iluminación por Inundación

La iluminación por inundación, también conocida como iluminación por proyección, tal y como su nombre indica se basa en el uso de proyectores de luz. Este tipo de iluminación consiste en dirigir todos los haces de luz de los proyectores sobre el monumento que se desea iluminar. El problema está en la fuerte iluminancia que recibe el monumento que suele ser mucho mayor al ambiente que lo rodea. [11]

2.2.8 Iluminación Ornamental

Para el diseño de la iluminación ornamental se requiere considerar, las dimensiones del monumento a iluminar, su situación y alrededores, los contrastes entre fachadas y fondos. Por lo que se deben de ejecutar las siguientes acciones:

- Concretar los cálculos y resultados que se quieren lograr.
- Determinar la ubicación y posicionamiento del objeto a iluminar.
- Precisar la luminancia de los materiales y detalles de la fachada.
- Fijar la temperatura y rendimiento de color de las fuentes de luz, así como el deslumbramiento que se genera.
- Dimensionar el número de proyectores a instalar y el tipo de distribución de la intensidad luminosa.

2.2.8.1 Criterios de Diseño para la iluminación ornamental

Para una correcta iluminación se debe de seguir algunos criterios para su diseño, se debe hacer un estudio de las posibles variables de su entorno que afecten a la escultura a iluminar para poder determinar el modelo y tipo de la luminaria. Para el desarrollo del diseño de iluminación se debe de tomar los siguientes parámetros: [11]

- **Situación:** Se define si la iluminación se va a ser en interior o exterior, en este caso será exterior por lo cual la iluminación será por proyección para poder resaltar la escultura.
- **Dimensiones de la escultura:** Las dimensiones condicionan cuantas luminarias se utilizarán, la ubicación y su potencia.
- **Dirección de observación:** Los ángulos y líneas de observación son infinitas, por lo cual es el diseñador quien determina la dirección a las que se van a colocar las luminarias.

- **Distancia de observación:** La distancia desde donde se observa el elemento iluminado nos define si la iluminación debe de realzar el volumen y la forma, o debe de resaltar los detalles de las esculturas.
- **Relieves y formas:** Nos definen como deben de estar colocados la iluminación y poder tener un buen contraste de luz y sombra.
- **Alrededores y fondo:** Depende del tipo de entorno que tengamos para poder definir la cantidad de flujo luminoso que se debe de utilizar.
- **Posicionamiento de las luminarias:** Para definir si su posicionamiento es correcto este debe de evitar el deslumbramiento y tener un fácil acceso al mantenimiento si este se requiere.

Los criterios principales que se tienen que analizar es el índice de reproducción cromática, temperatura de Color, deslumbramiento y el nivel de iluminación.

2.2.8.1.1 El Índice de reproducción cromática (IRC)

Es un parámetro que mide la capacidad de una fuente de luz para reproducir los colores como si estuvieran expuestos a una luz natural. La fuente luminosa tendrá mayor índice de reproducción cromática cuando se acerque al color real. Esto quiere decir que mientras más cercano a 100 es mejor y cuanto más lejano mayor será la distorsión en la reproducción de colores. El Índice de Reproducción Cromática se mide en Ra.

El color que percibimos depende de la luz con la que se ilumine, es decir depende del tipo de lámpara que se utilice.

Tabla 1. Tipos de lámpara y su índice de reproducción cromática.

Tipo de lámpara	IRC
LED	80-95
Lámpara incandescente	100
Lámpara halógena	100
Lámpara fluorescente	15-85
Lámpara de haluro metálico	65-93
Lámpara de inducción	79
Sodio Alta Presión	0-70
Sodio Baja Presión	0

Fuente: Web

En función del Ra, podemos esperar la siguiente fiabilidad:

$Ra < 60$ pobre

$60 < Ra < 80$ buena

$80 < Ra < 90$ muy buena

$90 < Ra < 100$ excelente

El CRI no determina la temperatura de color de una fuente de luz ni viceversa. Pero para hacer una comparación objetiva del **CRI** de dos fuentes de luz, es preferible que ambas fuentes posean la misma temperatura de color. [12]



Ilustración 6. Visualización con diferentes CRI

Fuente: Prodotti web

2.2.8.1.2 Temperatura de Color

Esta se mide en unidades Kelvin ($^{\circ}\text{K}$), cuyo valor determina si la fuente de luz es cálida o fría. Cuanto menor sea ($1\ 000 - 5\ 000^{\circ}\text{K}$) más cálida será la luz, de igual manera, cuando mayor sea ($5\ 000 - 20\ 000^{\circ}\text{K}$) más fría será la luz. Se puede clasificar en 3 partes:

Luz cálida, $T_c < 3\ 300\ \text{K}$

Luz neutro, $3\ 300\ \text{K} < T_c < 5\ 000\ \text{K}$

Luz fría, $T_c > 5\ 000\ \text{K}$

La Temperatura de Color está estrechamente relacionada con el balance de blancos. [13]



Ilustración 7. Visualización con diferentes niveles de Temperatura de color

Fuente: 3minstalaciones web

2.2.8.1.3 Nivel de iluminación

Este está definido por el tipo de color que posee la escultura, su reluctancia, la uniformidad de la superficie y la iluminancia que se tenga en el entorno. [11]

Para este proyecto se utilizarán los valores de lux que se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 2. Niveles mínimos de iluminancia media en servicio del alumbrado ornamental

NATURALEZA DE LOS MATERIALES DE LA SUPERFICIE ILUMINADA	NIVELES DE ILUMINANCIA MEDIA (Lux) ⁽¹⁾			COEFICIENTES MULTIPLICADORES DE CORRECCIÓN ⁽²⁾			
	Iluminación de los alrededores			Corrección para el tipo de lámpara		Corrección para el estado de la superficie iluminada	
	Baja	Media	Elevada	H.M. V.M.	S.A.P. S.B.P.	Sucia	Muy Sucia
Piedra clara, mármol claro	20	30	60	1,0	0,9	3,0	5,0
Piedra media, cemento, mármol coloreado claro	40	60	120	1,1	1,0	2,5	5,0
Piedra oscura, granito gris, mármol oscuro	100	150	300	1,0	1,1	2,0	3,0
Ladrillo amarillo claro	35	50	100	1,2	0,9	2,5	5,0
Ladrillo marrón claro	40	60	120	1,2	0,9	2,0	4,0
Ladrillo marrón oscuro, granito rosa	55	80	160	1,3	1,0	2,0	4,0
Ladrillo rojo	100	150	300	1,3	1,0	2,0	3,0
Ladrillo oscuro	120	180	360	1,3	1,2	1,5	2,0
Hormigón arquitectónico	60	100	200	1,3	1,2	1,5	2,0

Fuente: R.D. 1890/2008

2.2.8.1.4 Deslumbramiento

Este puede ser directo o indirecto, para poder evitar esto se toma las siguientes consideraciones: La luminaria debe de estar fuera del campo visual de observador y debe de considerarse el factor de reflexión del material de la escultura. [11]

Tabla 3. Coeficientes factores de reflexión, absorción y transmisión

• Índice de deslumbramiento (GR)	Valoración
Insoportable	80-90
Molesto	60-70
Admisible	40-50
Evidente	20-30
Inapreciable	10

2.2.9 Sistemas de iluminación

2.2.9.1 Luminarias

Existe distintos tipos de luminarias que se pueden utilizar para la iluminación ornamental, en este proyecto se utilizaran los proyectores ya que estos acentúan el objeto que se quiere iluminar. [11]

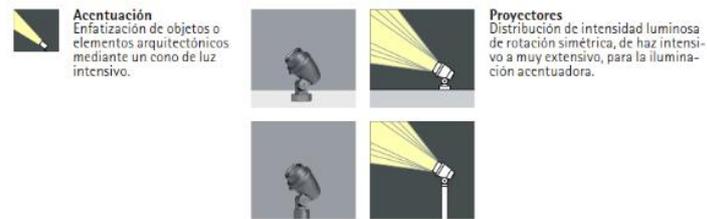


Ilustración 8. Proyector

Fuente: ERCO

Para poder definir el tipo de proyector que se va a utilizar se debe de considerar el tamaño y la distancia que se encuentra del objeto a iluminar. Si se quiere controlar el deslumbramiento se pueden colocar viseras, deflectores o aletas externas.

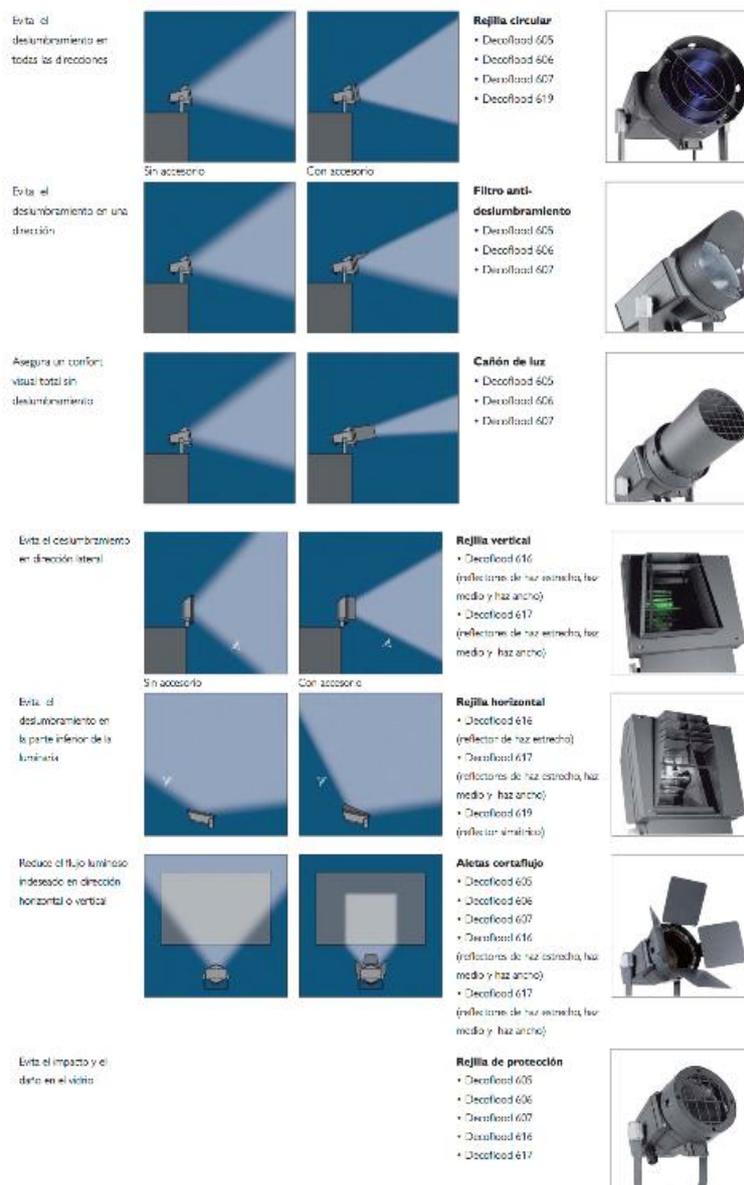


Ilustración 9. Accesorios y ventajas de Luminaria Decoflood

Fuente: ERCO

2.2.9.2 Lámparas

Para las lámparas se deben de considerar las siguientes características. [14]

Tabla 4. Principales características de las lámparas

Eficacia	Cantidad de lumen que se puede brindar por potencia dada.
Vida útil	Es el número de horas en que una lámpara emite un flujo luminoso económicamente rentable.
Color de la luz	Dada por la longitud de onda de la luz emitida.
Rendimiento en color	Como se mantiene la producción de colores bajo distintas fuentes de luz.
Perdida de Flujo luminoso	Variación en las propiedades lumínicas a medida que transcurren las horas.
Conexión a la red	Indican si se puede conectar directamente o se necesita un limitador de corriente.
Tamaño	Se requiere que las lámparas sean del menor tamaño posible.
Tiempo de encendido	Tiempo que transcurre hasta que las lámparas emiten su flujo máximo.
Posición de funcionamiento	Casi todas las lámparas funcionan en cualquier posición a excepción de las de sodio a baja presión que deben de instalarse horizontalmente.
Reencendido	Indica el tiempo que debe de transcurrir desde el corte de la energía hasta que se vuelvan a encender estando aún caliente.

Fuente: ERCO

Características según el tipo de lámpara. [15]

Tabla 5. Características según el tipo de lámpara

	Gama de potencias (W)	Vida útil (h)	Eficacia(lm/W)	T Color (K)	IRC (%)	Encendido y Reencendido	Equipo auxiliar
Incandescentes	25-2000	1 000	8-21.5	2 700	100	Instantáneo	no
Halógenas	40-100	2 000	15-27	2 800	100	Instantáneo	Si
Fluorescentes	16-65	5 000-6 000	48-80	2 700-6 000	70-98	Instantáneo	Si

Leds	1.5-50	50 000	60-120	2 500- 8 000	70- 98	Instantáneo	Si
------	--------	-----------	--------	-----------------	-----------	-------------	----

Fuente: ERCO

2.2.9.3 Implantaciones Típicas

Para lo que es la disposición del sistema de alumbrado es dada por el diseñador. Existen 4 formas recomendadas para su aplicación independientemente de lo que se desea iluminar. Las cuales se representarán en la siguiente imagen: [11]

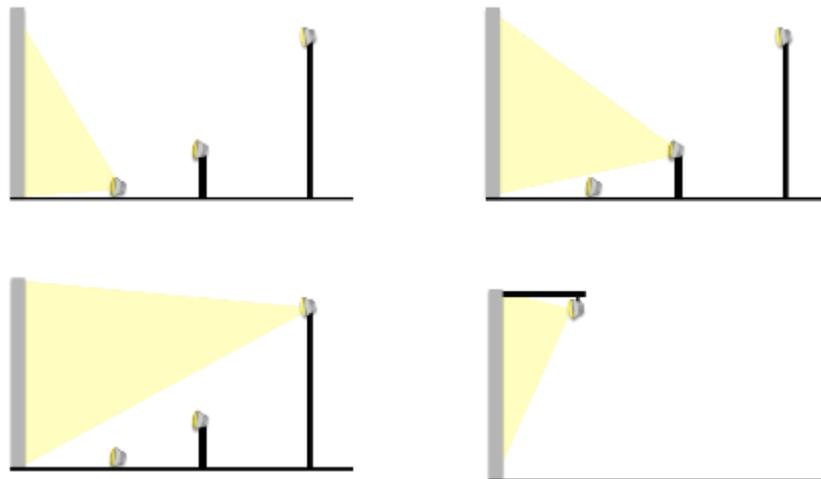


Ilustración 10. Disposición de las luminarias

Fuente: ERCO

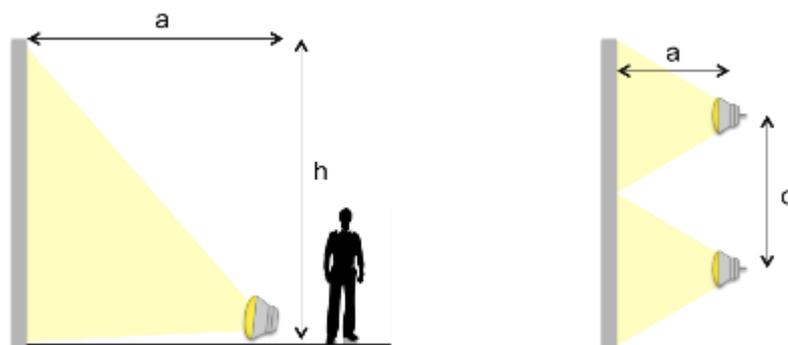


Ilustración 11. Disposición de las luminarias

Fuente: ERCO

2.2.10 Energía solar fotovoltaica

Esta busca convertir la radiación solar en electricidad, basada en el efecto fotoeléctrico, en el proceso emplean celdas fotovoltaicas. Los componentes de un sistema fotovoltaico dependen del tipo de aplicación que se le va a dar (conectada o no a la red) y de sus

características de instalación. Una instalación fotovoltaica está formada por los equipos que van a producir, regular, acumular y transformar la energía eléctrica. [16]

2.2.10.1 Celdas fotovoltaicas

Es dónde se da la conversión fotovoltaica, las más utilizadas son las que tienen silicio cristalino. Aquí es donde se da la diferencia de potencial y la corriente que se aprovecha esta es generada por la incidencia de la radiación luminosa. [16]

2.2.10.2 Placas fotovoltaicas

Es un conjunto de celdas fotovoltaicas conectadas entre sí, que generan electricidad en corriente continua y para poder obtener un mayor rendimiento se toma en cuenta su ubicación y latitud. [16]

2.2.10.3 Tipos de paneles

- **Células de silicio amorfo:** Tiene como principal ventaja el bajo costo y la capacidad de funcionar con poca luz, tiene una eficiencia muy baja de 7% y una alta degradación que acorta su vida útil por lo cual se usa como complemento.
- **Células policristalinas:** Este tipo de célula tiene un rendimiento de 14 a 16%. Es ligeramente más económica que la monocristalina, pero con menos rendimiento funciona mejor a temperaturas altas.
- **Células monocristalinas:** Presentan el rendimiento más alto, comprendido entre el 16 y el 17%. Pero son más caros y su rendimiento decae bastante con temperatura altas y tienen un mantenimiento más exhaustivo. [17]

2.2.10.4 Baterías

Son el almacén de la energía eléctrica generada, se utilizan normalmente baterías estacionarias, las que tienen como característica de operación más importante al ciclado; es decir que la batería se carga durante el día y se descarga durante la noche. [16]

2.2.10.4.1 Inversor cargador

Se usan para transformar la corriente continua de 12, 24 o 48 V a una corriente alterna de 220 V y 60 Hz, la cual es generada por las placas fotovoltaicas y acumulada en las baterías. También protegen a la batería contra las sobrecargas y contra las descargas de corriente. El cual cumple tres funciones inversor de Onda Pura, cargador de baterías y regulador de Carga. [16]

2.2.11 Situación de la energía solar en el Perú

Por la posición geográfica el Perú (está cerca de la línea ecuatorial) cuenta con una elevada radiación solar anual siendo aproximadamente de 4,5 a 6,5 kWh/m², esto es según el Atlas Solar del Perú realizado por el Ministerio de Energía y Minas. Otro de los puntos importantes es que la disponibilidad de luz solar es uniforme a lo largo de todo el año, lo cual hace factible su uso en la generación de energía eléctrica.

2.2.12 Dialux evo

Es uno del software líder para la planificación, visualización lumínica y cálculos tanto en interior como exterior, este programa cuenta con 25 idiomas disponibles y se puede utilizar de manera gratuita. Las luminarias utilizadas en sus cálculos son obtenidas de los productos digitales que ofrecen los fabricantes por lo que te permite crear proyectos de iluminación profesionales. El software Dialux evo hace posible que se realice un análisis cuantitativo sencillo de un proyecto, y su opción de renderización 3D nos permite observar de manera casi realista como quedaría el proyecto, se puede decir que este programa luminotécnico nos brinda los siguientes beneficios:

- Planifica la iluminación del interior y exterior completamente.
- Permite realizar ajustes y visualizar los resultados de forma fotorrealista.
- Los datos de las luminarias brindados por los fabricantes son actualizados.

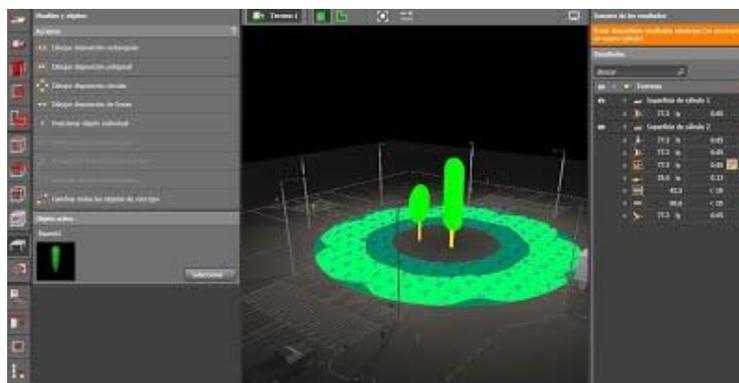


Ilustración 12. Proyecto realizado en Dialux evo

Fuente: web

III. Materiales y métodos

3.1 Enfoque y Diseño

El proyecto será elaborado bajo el planteamiento metodológico del enfoque, mixto dado que se pretende desarrollar una hipótesis establecida y por una metodología de criterios dado por el autor. Se elaborará mediante un diseño no experimental de característica transversal.

3.2 Objetos de la investigación

Los elementos de estudio del presente proyecto están ubicados a lo largo del paseo Yortuque, los cuales son las esculturas ornamentales, aquí es donde se va a desarrollar e implementar un diseño de iluminación ornamental alimentado con paneles solares. Las esculturas a iluminar son 43 (VER ANEXO 1).

Ubicación:

Provincia: Chiclayo

Región: Lambayeque



Ilustración 13. Ubicación del paseo Yortuque

Fuente: Google maps

Temperatura:

Chiclayo es una ciudad con veranos cortos y muy calientes que pueden llegar hasta una temperatura de 31 °C, sus inviernos son largos y pueden descender asta y una temperatura de 16 °C. [18]

Sol: En Chiclayo la duración del sol es estable, solo varía 31 minutos de las 12 horas en todo el año. [18]

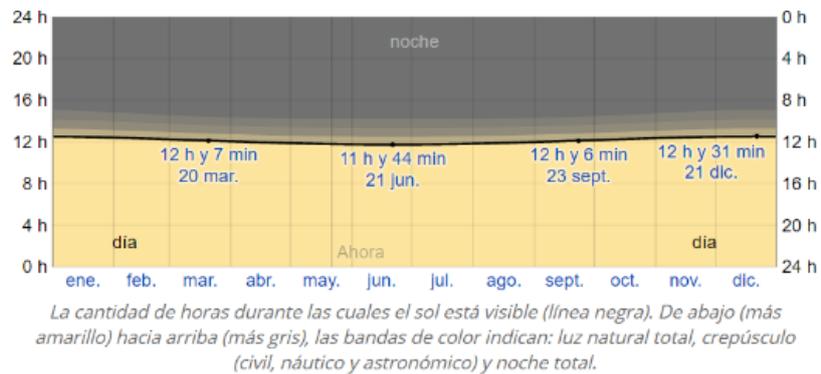


Ilustración 14. Horas de luz natural y crepúsculo

Fuente: Weather Spark, 2019

Energía solar:

La energía solar tiene una incidencia al año de 5,8 kWh. En este cálculo se toma en cuenta las variaciones estacionales de la duración del día, la elevación del sol sobre el horizonte y la absorción de las nubes y otros elementos atmosféricos. [18]

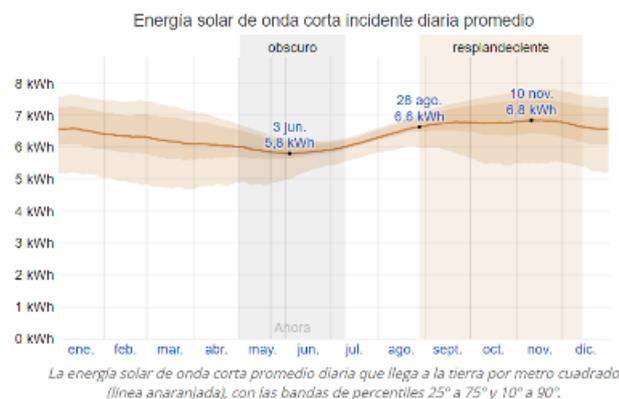


Ilustración 15. Energía solar de onda corta incidente diario y promedio

Fuente: Weather Spark, 2019

3.3 Técnicas e instrumentos

Se utilizarán páginas web, guías, hojas de cálculo y fichas técnicas propias para hallar el tipo y posición de las fuentes lumínicas e incidencia solar del paseo Yortuque. Como técnica de procesamientos de datos será la estadística descriptiva.

Se hará uso del Software luminotécnico Dialux evo para elaborar el diseño lumínico y eléctrico del paseo Yortuque y así determinar el tipo de luminaria leds, su localización y el deslumbramiento generado.

3.4 Procedimientos

En el presente trabajo se realizarán las siguientes pautas para la obtención de los objetivos:

- Evaluación de la situación actual de la iluminación en las esculturas.
- Selección y delimitación del dimensionamiento de las esculturas.
- Cálculo de los parámetros de iluminancia deseados por escultura.
- Definir los criterios de diseño para el sistema de iluminación.
- Elaborar el diseño lumínico y eléctrico para las esculturas del paseo Yortuque utilizando el programa de luminotecnia Dialux evo, determinando así el tipo de luminaria led a utilizar, su ubicación y el deslumbramiento generado de cada escultura.
- Utilización de software especializado (Pvsyst) para determinar los niveles de irradiación.
- Análisis del consumo de energía diaria de la instalación eléctrica.
- Utilización de páginas web, guías y hojas de cálculo para el dimensionamiento y selección del sistema fotovoltaico autónomo.
- Realizar un presupuesto del diseño lumínico propuesto y el sistema fotovoltaico.

3.5 Hipótesis

A través del diseño innovador de iluminación ornamental sobre esculturas con tecnología LED alimentado por paneles fotovoltaicos será posible obtener una iluminación adecuada sobre las esculturas y dar un abastecimiento eficiente de energía eléctrica al paseo Yortuque. Brindando un mayor confort a la seguridad pública y resaltar su atractivo turístico convirtiéndolo en un espacio de primer nivel de turismo.

IV. Resultados y discusión

4.1 Evaluación diagnóstica

4.1.1 Situación actual de la iluminación en sus esculturas

En el presente proyecto se implementará la iluminación ornamental para el paseo Yortuque el cual cuenta con 50 esculturas, de los cuales solo 2 cuentan con iluminación. Y las restantes 48 solo cuentan con la iluminación de los alrededores para su apreciación en el horario nocturno el cual se considera desde las 6:00 pm hasta las 11:00 pm.

Escultura Rinchin cuenta con cuatro luminarias tipo proyector.



Ilustración 16. Iluminarias tipo proyector en la escultura Rinchin

Fuente: Elaboración propia

Escultura Pesca cuenta con una luminaria tipo proyector.



Ilustración 17. Iluminaria tipo proyector en la escultura Pesca

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la Ilustración 17 la iluminación centralizada en la escultura es tal que no permite ser apreciar correctamente, esto por tener un solo punto de iluminación la cual cuenta con 181.8 lux (VER ANEXO 2).

Cabe resaltar que las esculturas 22, 23, 24, 25, 26, 27 y 28 cuentan con una mala iluminación como se puede apreciar en la Ilustración 18, siendo percibida por las personas 122,6 lux directamente. Siendo el promedio de iluminación sobre el resto de las esculturas 16 lux (VER ANEXOS 3 y 4).



Ilustración 18. Incorrecta iluminación en escultura 28

Fuente: Elaboración propia

También se analizarán ambas esculturas, y se determinará mediante el programa luminotécnico Dialux evo si es necesario un cambio.

4.1.2 Selección y determinación del dimensionamiento de las esculturas.

El proyecto de implementación de un diseño ornamental será aplicado específicamente sobre las esculturas las cuales se han seleccionado 43 por el motivo de sus distancias y el tipo de escultura, cada una tiene sus propias dimensiones y posición por lo cual se han elaborado fichas técnicas como recolección de datos las cuales se pueden ver en él (VER ANEXO 1, 11, 12).

4.2 Diseño del sistema de iluminación ornamental sobre esculturas

4.2.1 Cálculo de los parámetros de iluminación por escultura

El cálculo de iluminación en esculturas no es un tema muy tocado por lo cual no hay parámetros establecidos para su elaboración, por lo cual se ha tomado los valores de lux establecidos en la tabla 2 y se utilizara el cálculo del flujo luminoso total para determinar el tipo de luminaria que se utilizara para el cálculo en el software Dialux evo. Los datos de áreas se han obtenido del (VER ANEXO 1).

$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m}$$

Ec. (1)

Donde:

Φ_T = Flujo luminoso.

E_m = Nivel de iluminación medio (Lux).

S = Superficie a iluminar (m^2).

C_u = Coeficiente de iluminación.

C_m = Coeficiente de mantenimiento.

Tabla 6. Parámetros de luminancia deseados que se utilizaran para el cálculo en el software Dialux evo

N.º	C_m	C_u	E_m	S	Φ_T						
1	0,9	0,8	180	6,72	1 680	11	0,9	0,8	180	24,7	6 175
			220		2 053				220		7 547
2	0,9	0,8	180	2,8	700	12	0,9	0,8	180	4,48	1 120
			220		856				220		1 369
3	0,9	0,8	180	9,9	2 475	13	0,9	0,8	180	4,32	1 080
			220		3 025				220		1 320
4	0,9	0,8	200	1,98	550	14	0,9	0,8	180	3,6	900
			240		660				220		1 100
5	0,9	0,8	180	7,04	1 760	15	0,9	0,8	180	4,32	1 080
			220		2 151				220		1 320
6	0,9	0,8	180	9,6	2 400	16	0,9	0,8	180	4,8	1 200
			220		2 933				220		1 467
7	0,9	0,8	180	15	3 750	17	0,9	0,8	180	3,6	900
			220		4 583				220		1 100
8	0,9	0,8	180	15	3 750	18	0,9	0,8	180	6	1 500
			220		4 583				220		1 833
9	0,9	0,8	180	4,32	1 080	19	0,9	0,8	180	3,8	950
			220		1320				220		1 161
10	0,9	0,8	180	3,6	900	20	0,9	0,8	180	5,4	1 350
			220		1 100				220		1 650
21	0,9	0,8	180			21	0,9	0,8	180	2,2	550

4.2.2 Criterios de diseño para el sistema de iluminación.

Para realizar este tipo de diseño de iluminación, se debe hacer un estudio de las posibles variables del entorno que afecten a la escultura a iluminar por lo que se debe de tener en cuenta los siguientes parámetros:

- **Situación:** Las esculturas se encuentran en el exterior por lo cual la iluminación será por proyección para poder resaltarlas.
- **Dimensiones de la escultura:** Las dimensiones condicionan cuantas luminarias se utilizarán, la ubicación y su potencia. Todas las esculturas son diferentes por lo cual se tiene que analizar cada una.
- **Dirección de observación:** Es designado según el criterio del diseñador y definida después de realizar pruebas en el software Dialux evo.
- **Distancia de observación:** La distancia promedio de observación es de 1,5 m para poder resaltar los detalles de las esculturas.
- **Relieves y formas:** Cada escultura tiene diferente perfil por lo cual se utiliza de 1 a más luminarias para poder tener un buen contraste de luz y sombra.
- **Alrededores y fondo:** El posicionamiento de cada escultura está hecho para poder observarlas desde un sitio determinado, están ubicadas al aire libre y la distancia de observación es en promedio 1,2 m por lo que se tiene más margen de maniobra al definir la cantidad de flujo luminoso que se debe de utilizar.
- **Posicionamiento de las luminarias:** Las luminarias están ubicadas estratégicamente para evitar el deslumbramiento y al estar al aire libre se tiene un fácil acceso ya sea para realizar mantenimiento o reparación.

Para tener una correcta iluminación en esculturas ornamentales las luminarias deben de cumplir ciertos parámetros de índice de reproducción cromática y temperatura de color. Así como un nivel de iluminación que depende del nivel de LUX en sus alrededores. Por último, se tiene que ver el deslumbramiento que se genera y si no afecta al observador, con esto podemos determinar el modelo y tipo de la luminaria.

- **Índice de Reproducción Cromática:** Debido a la naturaleza del objeto a iluminar se requiere un alto IRC por lo cual se considera que el mínimo debe de ser de 80 por lo que se va a utilizar una lampara tipo Led el cual alcanza un 95 de CRI.



- **Temperatura de Color:** Se considera una temperatura de color entre 2 500 K y 4 000k por el tipo de color de la escultura y la naturaleza de esta que tiene que ser vistosa por lo que tiene que tener una temperatura de color cálida.



- **Nivel de iluminación:** Estos están establecidos en la tabla 2 los cuales irán de 180-220 Lux en color cobre metálico y de 200-240 Lux en color xanadu.

NATURALEZA DE LOS MATERIALES DE LA SUPERFICIE ILUMINADA	NIVELES DE ILUMINANCIA MEDIA (Lux) ⁽¹⁾			COEFICIENTES MULTIPLICADORES DE CORRECCIÓN ⁽²⁾			
	Iluminación de los alrededores			Corrección para el tipo de lámpara		Corrección para el estado de la superficie iluminada	
	Baja	Media	Elevada	H.M. V.M.	S.A.P. S.B.P.	Sucia	Muy Sucia
Piedra clara, mármol claro	20	30	60	1,0	0,9	3,0	5,0
Piedra media, cemento, mármol coloreado claro	40	60	120	1,1	1,0	2,5	5,0
Piedra oscura, granito gris, mármol oscuro	100	150	300	1,0	1,1	2,0	3,0
Ladrillo amarillo claro	35	50	100	1,2	0,9	2,5	5,0
Ladrillo marrón claro	40	60	120	1,2	0,9	2,0	4,0
Ladrillo marrón oscuro, granito rosa	55	80	160	1,3	1,0	2,0	4,0
Ladrillo rojo	100	150	300	1,3	1,0	2,0	3,0
Ladrillo oscuro	120	180	360	1,3	1,2	1,5	2,0
Hormigón arquitectónico	60	100	200	1,3	1,2	1,5	2,0

- **Deslumbramiento:** Se medirá mediante el software Dialux evo, con los niveles de deslumbramientos establecidos en este, donde el punto de referencia será a un metro de la escultura y a 1.6 m de altura promedio de una persona.

• Índice de deslumbramiento (GR)	Valoración
Insoportable	80-90
Molesto	60-70
Admisible	40-50
Evidente	20-30
Inapreciable	10

4.2.3 Elaboración del diseño lumínico mediante el programa Dialux evo.

Con el programa de luminotecnia Dialux evo se realizará el diseño lumínico del paseo Yortuque, se utilizarán los criterios mencionados anteriormente para la selección del tipo de luminaria, ya que sus niveles de iluminancia deben de estar dentro de los calculados anteriormente.

Para realizar un diseño lumínico para esculturas en el programa Dialux evo se deben de seguir los pasos mencionados a continuación:

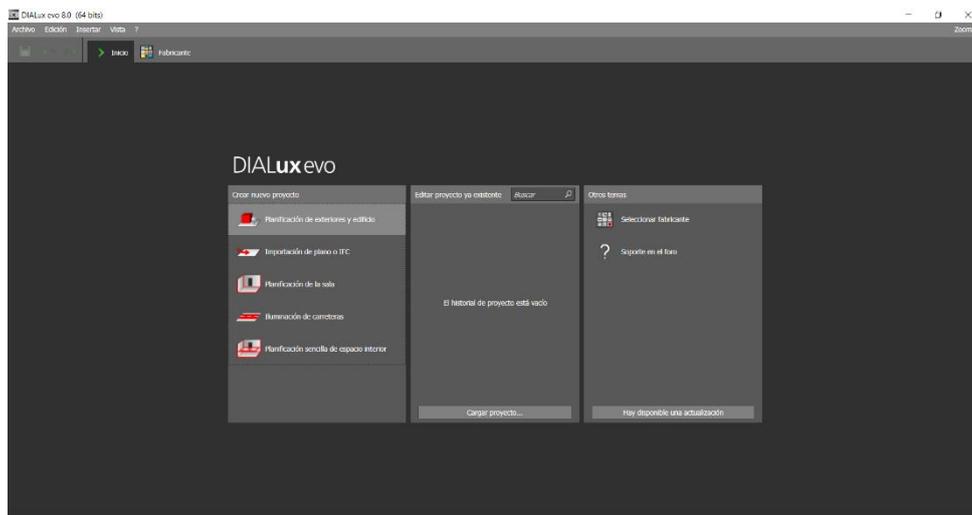


Ilustración 19. Pantalla principal de Dialux evo

Fuente: Elaboración propia

Donde dice crear nuevo proyecto seleccionamos la opción “planificación de exteriores y edificio”, la cual se muestra en la figura 2. Esta es la que nos llevara al área principal de trabajo.

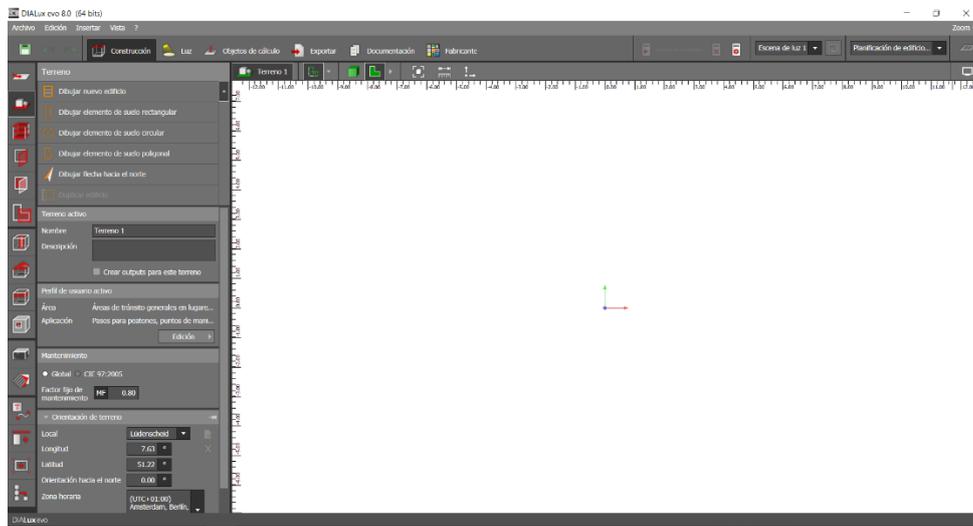


Ilustración 20. Pantalla de trabajo

Fuente: Elaboración propia

Para empezar a elaborar nuestro diseño lumínico ahí que colocar las áreas de referencias y las de base por lo que se procede a dibujar un rectángulo en la pantalla de trabajo.

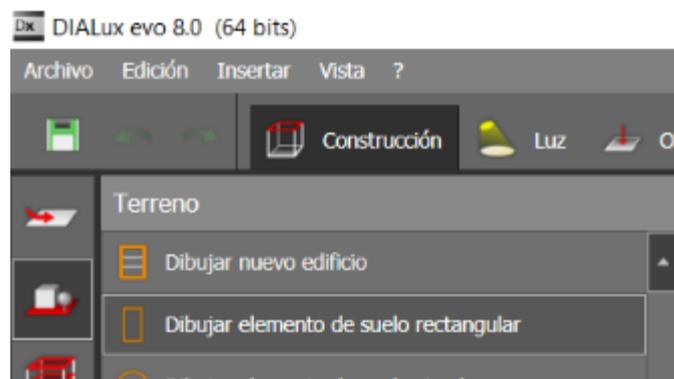


Ilustración 21. Comando para dibujar un elemento rectángulo

Fuente: Elaboración propia

Una vez dibujado el rectángulo se procederá a colocar las dimensiones de la escultura y su posición en el plano de trabajo la cual será en el punto cero en sus tres dimensiones espaciales, esto se aplicará para todos los elementos a analizar.

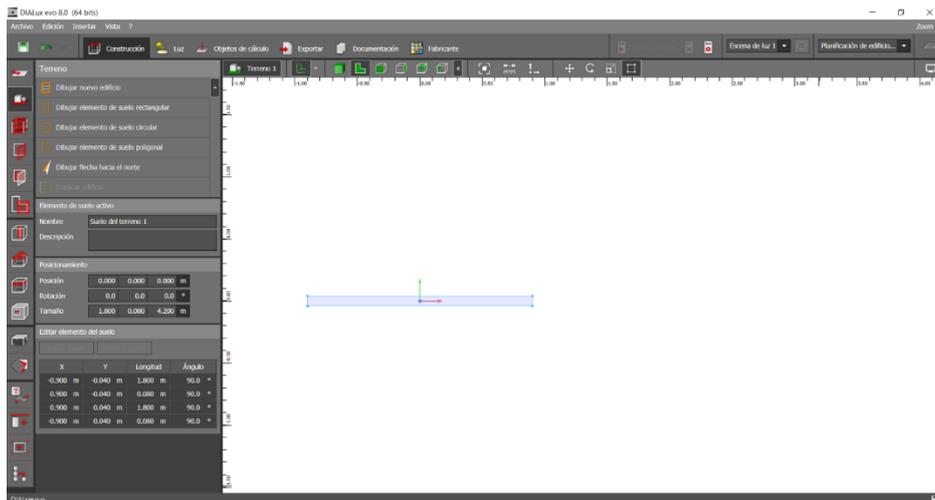


Ilustración 22. Colocación de posición y dimensiones de la escultura

Fuente: Elaboración propia

Se colocará un área circular como piso donde se posicionará la luminaria su posición la cual será en el punto cero en sus tres dimensiones espaciales, el radio será tomado según el criterio del diseñador y el espesor será de 1mm en todos los casos.

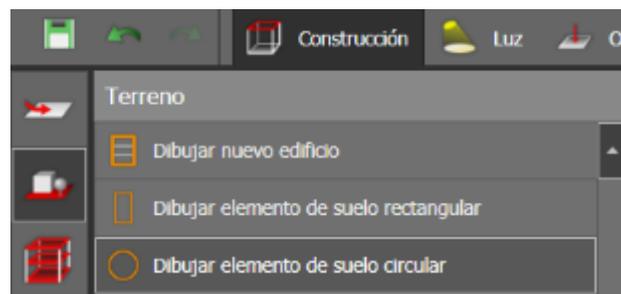


Ilustración 23. Comando para dibujar un elemento circular

Fuente: Elaboración propia

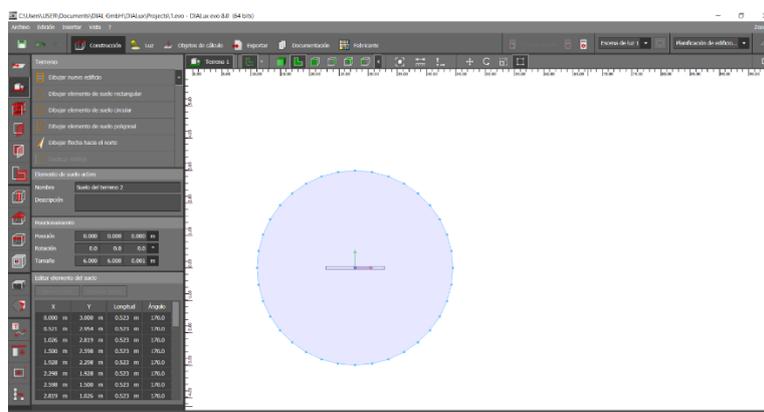


Ilustración 24. Colocación de posición y dimensiones del área base

Fuente: Elaboración propia

Después seleccionamos “Rendering en 3D”, esta opción nos mostrara el área de trabajo que utilizaremos para el cálculo en forma tridimensional.

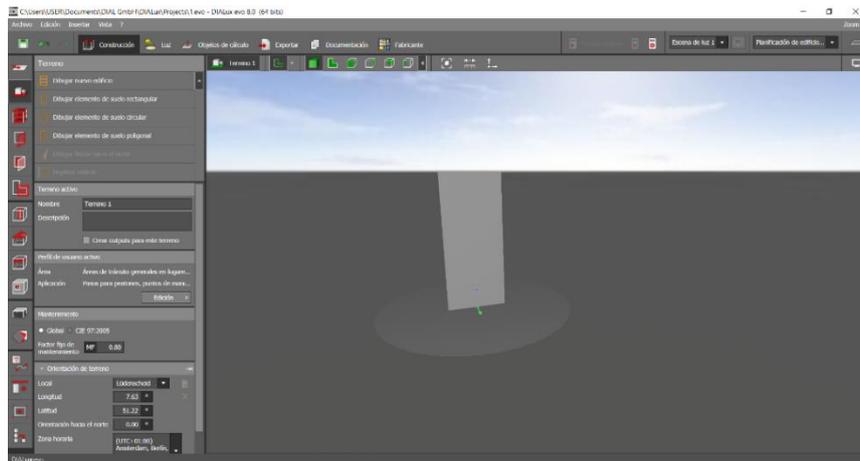


Ilustración 25. Prisma rectangular terminado y área base

Fuente: Elaboración propia

Clic en “Materiales” y posteriormente en la opción “Crear material de textura” y seleccionamos la imagen deseada, se procede a poner sus dimensiones y finalmente en la opción “Pintar material” le damos clic al bloque donde se colocará el grado de reflexión que posee el material.



Ilustración 26. Colocación de la imagen guía

Fuente: Elaboración propia

Una vez colocada la imagen guía, vamos a la opción “Recorte”, clic en “Recorte poligonal” y procedemos a darle la forma de la escultura.

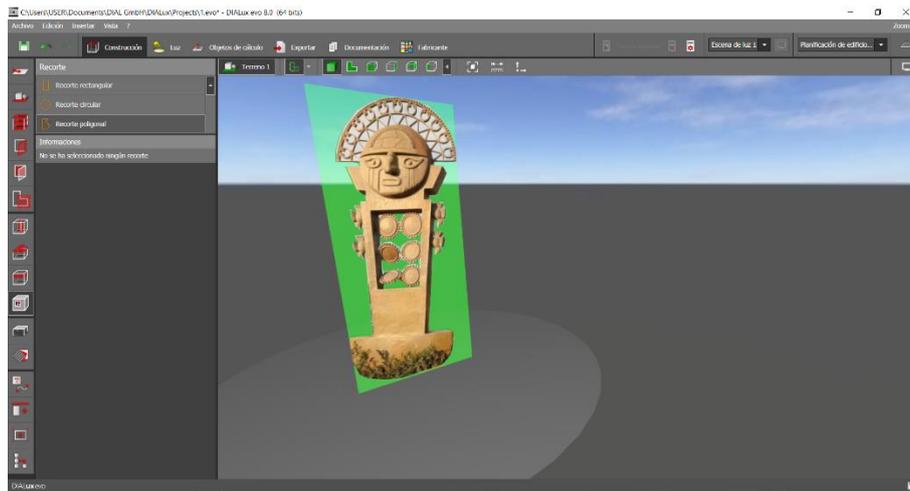


Ilustración 27. Área a iluminar

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado esto nos iremos a la opción “LUZ”, donde seleccionaremos el tipo de luminaria según los parámetros establecidos previamente, los cuales son descargados de catálogos en este caso de HEPER. Las luminarias seleccionadas serán de característica Kinematic. Una vez seleccionada el tipo de luminaria se escogerá cómo será su disposición y se dará clic en el área de trabajo, aquí se definirá su posición y rotación las cuales van determinadas a los espacios disponibles y la dirección que se encuentre el área a iluminar.

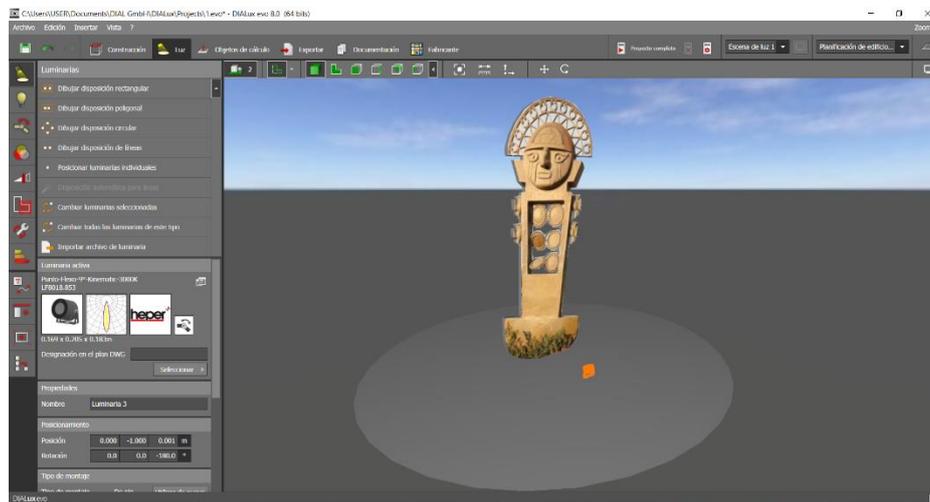


Ilustración 28. Colocación de posición y rotación de la luminaria

Fuente: Elaboración propia

Procedemos yendo a la opción “Editar articulaciones” y daremos clic en “Colocar punto de proyección”, la cual será ubicada en el punto céntrico del objeto a iluminar.

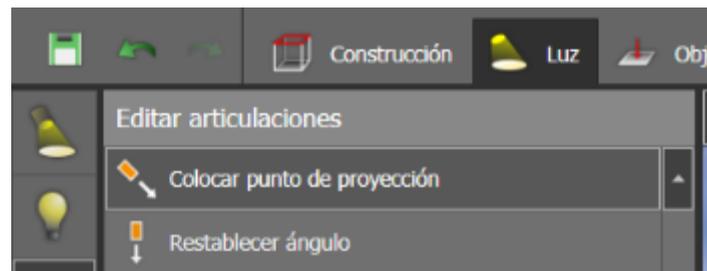


Ilustración 29. Comando para colocar el punto de proyección.

Fuente: Elaboración propia

Después de haber seleccionado donde se desea iluminar nos aparece una carpeta donde podremos modificar su orientación si es necesario.

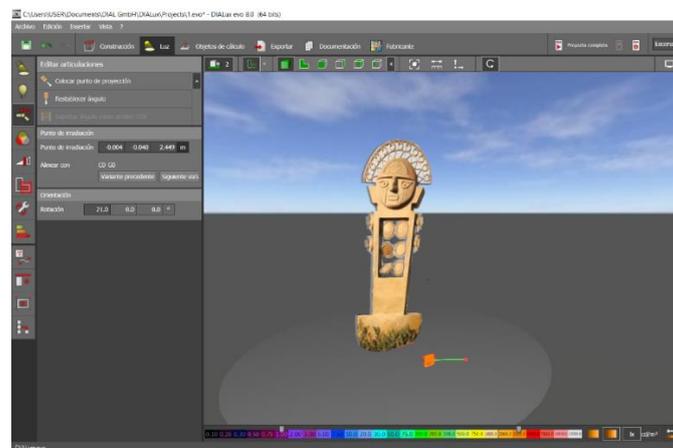


Ilustración 30. Colocación de la orientación de la luminaria

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado esto nos iremos a la opción “Objetos de cálculo”, donde aremos clic en “selección de superficies” y seleccionaremos el área que va ser iluminada.

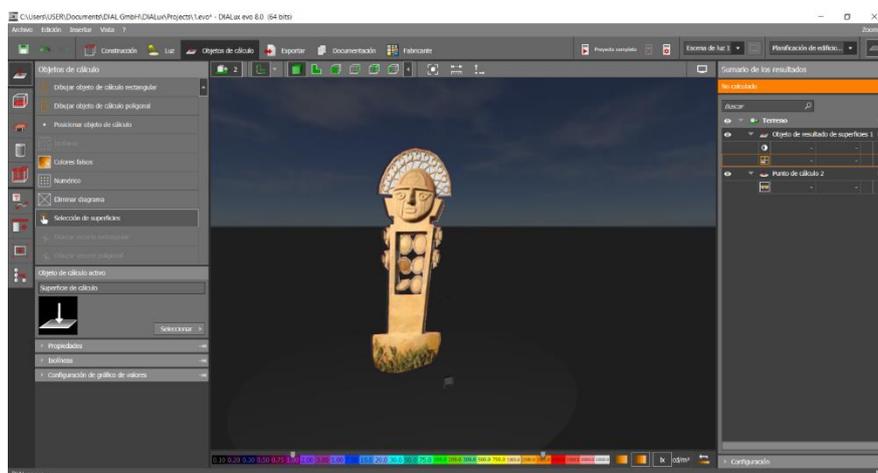


Ilustración 31. Selección del área de cálculo

Fuente: Elaboración propia

Después procedemos a colocar el punto desde donde se va a analizar el deslumbramiento producido, esto se hará abriendo la opción “seleccionar” ubicada en “Objeto de cálculo activo” y elegimos “Punto de cálculo” procedemos a la parte de “Parámetros de cálculo” y escogemos la opción “UGR”, hacemos clic en la ventana de trabajo y definimos donde va estar posicionado este debe de ser desde donde lo ve el observador, por motivos de cálculo se colocara a la misma distancia de la luminaria y a una altura de 1.6 m.

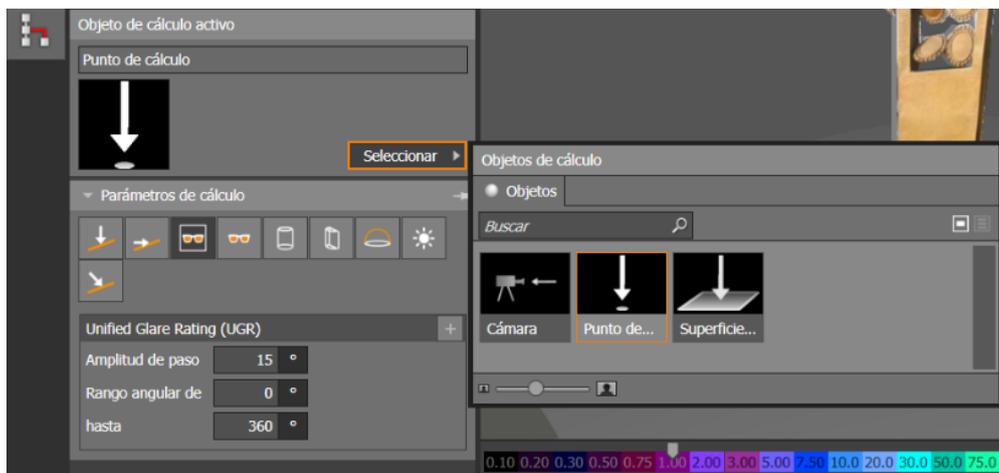


Ilustración 32. Selección para el cálculo de deslumbramiento

Fuente: Elaboración propia

Con esto ya tendríamos todo listo para proceder a correr el programa, por lo que seleccionamos la opción “Proyecto completo” ubicado en la parte superior derecha. Con esto se procede a comprobar si los criterios establecidos para el diseño lumínico son los correctos es decir si están dentro de los parámetros hallados previamente.

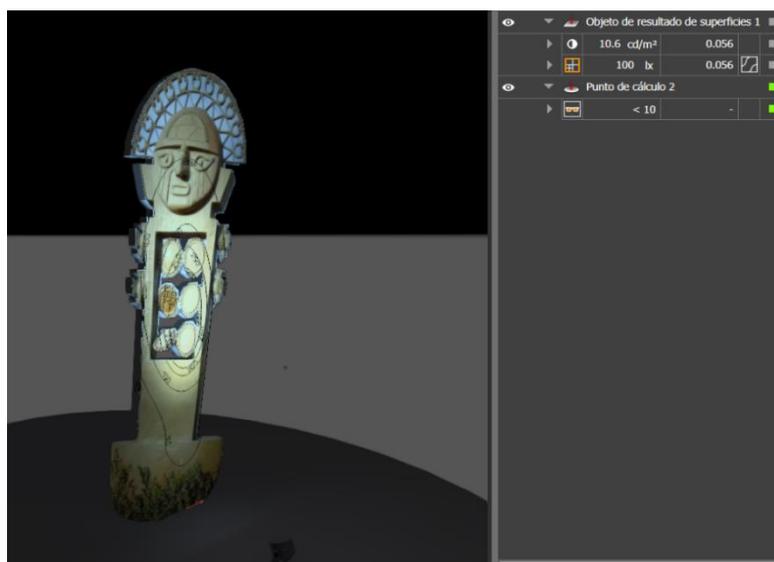


Ilustración 33. Parámetros de cálculos de la escultura 1.

Fuente: Elaboración propia

Si se desea también se puede comprobar la sombra generada según la manera a iluminar se presentan dos casos uno donde se ilumina con una sola luminaria y otra con dos, como se puede ver la que tiene 2 luminarias genera menos sombra y se tiene una mejor iluminación. En estos casos la sombra generada no afecta mucho ya que sobrepasa la altura promedio del observador.

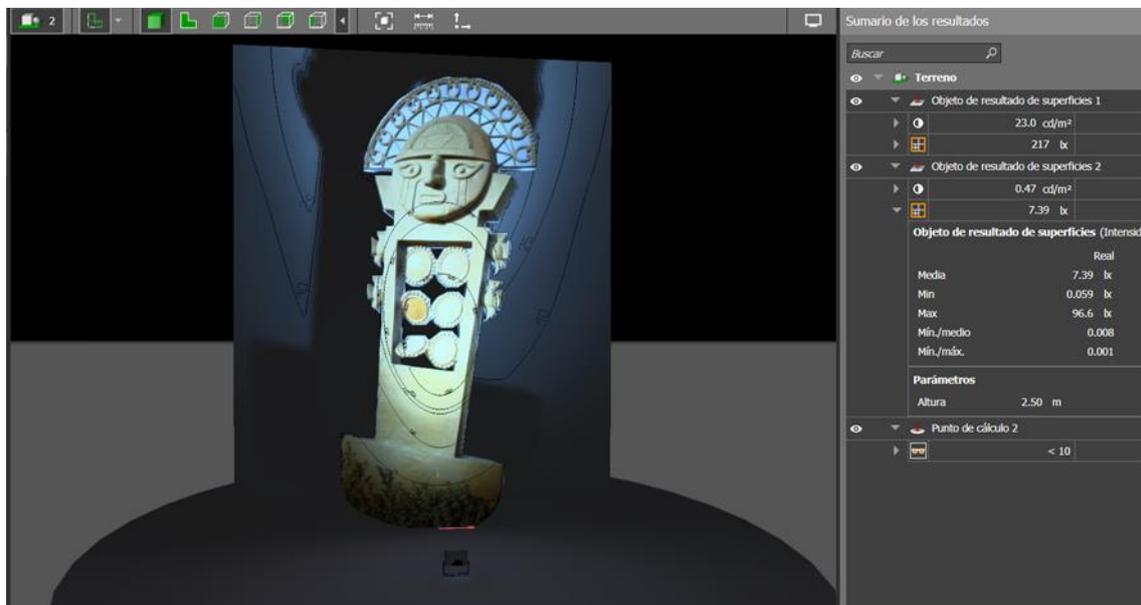


Ilustración 34. Parámetros de cálculos de la escultura 1 utilizando una luminaria.

Fuente: Elaboración propia

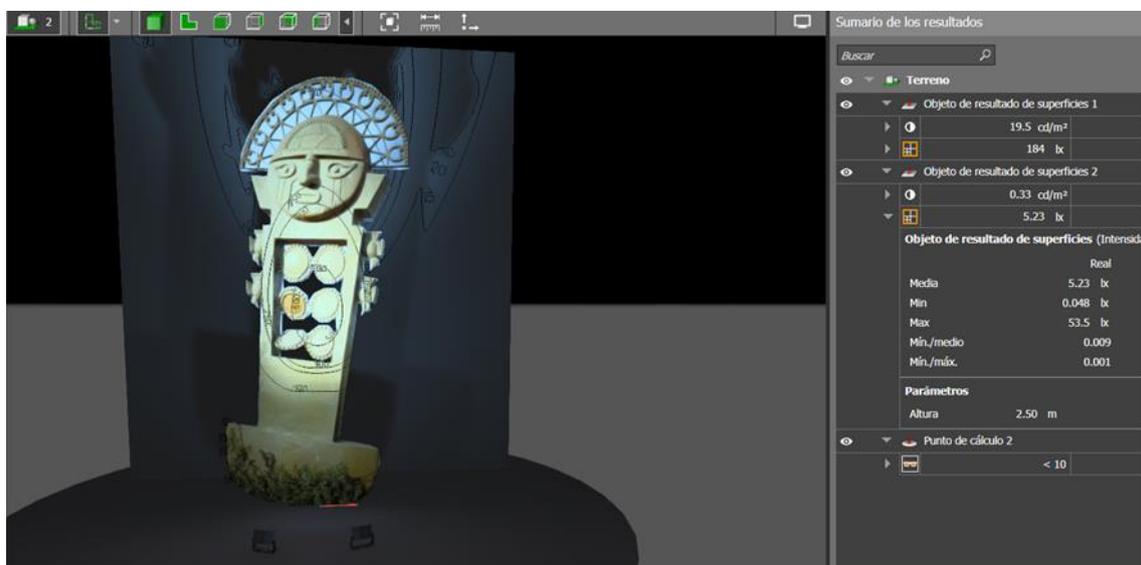


Ilustración 35. Parámetros de cálculos de la escultura 1 utilizando dos luminarias.

Fuente: Elaboración propia

También se puede analizar cómo quedaría si se utiliza luminaria tipo RGB, cual tiene una mayor diversidad en el tipo de iluminación. Por lo que le brinda una atracción visual mucho mejor a la iluminación de un solo color.



Ilustración 36. Iluminación utilizando luminaria tipo RGB con un solo color para la escultura 1.

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 37. Iluminación utilizando luminaria tipo RGB con combinación de colores para la escultura 1.

Fuente: Elaboración propia

Para la elaboración del diseño lumínico del paseo Yortuque utilizando el programa de luminotecnía Dialux evo, se debe de seguir los pasos mencionados anteriormente para cada una de las esculturas ornamentales, aquí es donde se determinará el tipo de luminaria leds, su localización y si el deslumbramiento generado es adecuado para la vista humana. Los parámetros hallados se encuentran en el (VER ANEXO 5).

Tabla 7. Nivel de iluminación y número de luminarias calculados en el software Dialux evo

N.º de Escultura	Lux por escultura	N.º de luminarias por escultura			
1	184	2			
2	219	2			
3	189	3			
4	239	2			
5	239	4			
6	210	2			
7	200	2			
8	207	2			
9	227	2			
10	237	2			
11	213	3			
			12	237	2
			13	223	2
			14	220	1
			15	224	2
			16	208	2
			17	178	2
			18	150	4
			19	136	4
			20	124	2
			21	104	4
			22	127	2

23	221	2	34	245
24	121	2	35	203
25	177	2	36	212
26	216	2	37	170
27	269	2	38	110
28	137	2	39	273
29	137	2	40	237
30	207	2	41	151
31	201	2	42	273
32	112	2	43	286
33	190	2		

Fuente: Elaboración propia

Con estos cálculos se han determinado el tipo y la cantidad a utilizar por escultura, todos estos cumplen con los criterios de diseño (Índice de Reproducción Cromática, Temperatura de Color, Deslumbramiento). Como se puede ver en la tabla 6, la cantidad de lux varía en algunos con respecto a los parámetros establecidos en la tabla 7, esto no quiere decir que no cumpla con lo requerido, sino que esa variación se debe a al dimensionamiento que tiene la escultura ornamental.

Para un mejor cálculo del sistema fotovoltaico autónomo se ha dividido en 2 áreas el de color piel que pertenece a la etapa 2 del paseo Yortuque y la de color verde que pertenece a la etapa 3 del paseo Yortuque.

4.3 Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

4.3.1 Cálculo del promedio mensual de energía

Se realizará una tabla para calcular el promedio mensual de energía consumida por luminarias y con eso poder definir la potencia de los paneles solares.

Tabla 8. Promedio mensual de energía consumida por luminarias en la etapa 2 del paseo Yortuque

TIPO DE LUMINARIA	CANTIDAD DE LUMINARIA	POTENCIA POR LUMINARIA(W)	POTENCIA TOTAL(W)	HORRAS AL DIA	DIAS	ENERGIA TOTAL DIARIA (W-h)	ENERGIA TOTAL AL MES (kW-h)
Heper - LF8018.853 Punto-Flexo-9-Kinematic-3000K	10	18,5	185	5	30	925	27,75
Heper - LF8017.693-7 Punto-Hybrid-S-7-Kinematic-3000K	1	9	9	5	30	45	1,35
Heper-LF8017.696 Punto-Hybrid-S-RGB-White-Kinematic	46	9,5	437	5	30	2 185	65,55
Heper-LF8019.698-7 Punto-Hybrid-L-7-Kinematic-3000K	4	58	232	5	30	1 160	34,8
Heper-LF8018.696 Punto-RGB-White-Kinematic	10	26,2	262	5	30	1 310	39,3
Total			1 125			5 625	168,75

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Promedio mensual de energía consumida por luminarias en la etapa 3 del paseo Yortuque

TIPO DE LUMINARIA	CANTIDAD DE LUMINARIA	POTENCIA POR LUMINARIA(W)	POTENCIA TOTAL(W)	HORRAS AL DIA	DIAS	ENERGIA TOTAL DIARIA (kW-h)	ENERGIA TOTAL AL MES (kW-h)
Heper-LF8017.696 Punto-Hybrid-S-RGB-White-Kinematic	28	9,5	266	5	30	1 330	39,9
Heper-LF8018.696 Punto-RGB-White-Kinematic	3	26,2	78,6	5	30	393	11,79
Total			344,6			1 723	51,69

Fuente: Elaboración propia

Las luminarias seleccionadas se encuentran en el (VER ANEXO 6, 7, 8, 9, 10). Aquí se definirá el color de la luminaria el cual está dado por criterios propios.

4.3.2 Determinación del índice de radiación solar

Los datos de irradiación solar se obtuvieron del Software Pvsyst con el cual se ha conseguido los parámetros de irradiación, al año es de $4,79 \text{ kW/m}^2 \cdot \text{dia}$. Estos valores se utilizarán para calcular el tipo y la cantidad de paneles fotovoltaicos, la cantidad de baterías, los reguladores e inversores a utilizar (VER ANEXOS 15, 16).

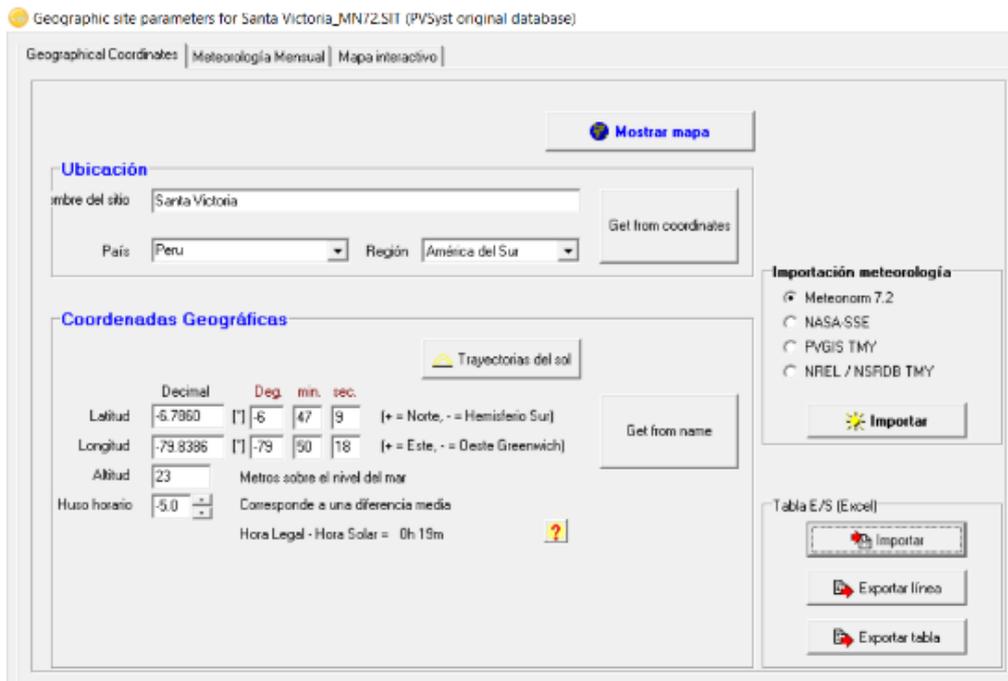


Ilustración 38. Datos de ubicación y coordenadas utilizadas en el Software Pvsyst

Fuente: Elaboración propia

	Irradiación global horizontal kWh/m ² .dia	Irradiación difusa horizontal kWh/m ² .dia	Temperatura °C	Velocidad del Viento m/s	Linke Turbidity H	Relative Humidity %
Enero	6.22	2.82	24.3	5.20	4.528	72.2
Febrero	6.47	2.84	25.7	4.49	4.528	70.5
Marzo	6.49	2.54	25.7	4.30	4.331	70.8
Abril	6.09	2.28	23.4	5.00	4.233	73.7
Mayo	5.49	1.95	21.3	5.50	4.134	74.2
Junio	4.93	2.01	19.6	5.00	3.839	77.9
Julio	4.79	2.03	19.6	4.80	3.710	76.9
Agosto	5.12	2.51	19.4	4.90	3.961	76.6
Septiembre	6.03	2.37	18.9	5.59	4.626	76.8
Octubre	6.09	2.77	19.6	5.70	4.823	74.7
Noviembre	6.11	2.87	20.4	5.59	4.725	75.1
Diciembre	6.31	2.68	22.5	5.49	4.528	73.3
Año	5.84	2.47	21.7	5.1	4.331	74.4

Ilustración 39. Irradiación global horizontal en el paseo Yortuque.

Fuente: Elaboración propia

4.3.3 Cálculo y selección de componentes

En los sistemas FV se calculan por separado las cargas en CC y CA, ya que solo las CA van conectadas al inversor. El consumo diario de las luminarias, calculados en la tabla N°7 es de $E_{t2} = 5\,625$ kWh/día y N°8 es de $E_{t3} = 1\,723$ kWh/día. Con este valor se debe calcular el consumo energético real, E (kWh), el cual es determinado por la siguiente ecuación:

$$E = \frac{E_t}{R}$$

Ec. (2)

4.3.4 Cálculo del rendimiento global de la instalación

Antes de hallar el cálculo para la selección de componentes debe de calcularse el rendimiento de toda la instalación ya que si se dimensiona sin esta la energía aprovechable será menor que la calculada, por lo cual, no se podrá abastecer el consumo.

Existen dos métodos para calcular el rendimiento de toda la instalación. Se puede aplicar un factor de seguridad del 20% y con eso aumentar la energía requerida, o calcular el rendimiento de la instalación mediante fórmulas, si se sabe los rendimientos de los componentes empleados. Se calculará el rendimiento de toda la instalación por ambos métodos y se escogerá el más crítico.

Para el cálculo se utiliza la siguiente formula:

$$R = (1 - k_b - k_i - k_r - k_v) * \left(1 - \frac{k_a * N}{P_d}\right)$$

Ec. (3)

Donde:

k_b : Pérdidas en las baterías por acumulación:

0,05 acumuladores sin descargas intensas

0,1 acumuladores con descargas intensas

Se escoge 0,05 ya que se considera que es un equipo nuevo y de alta eficiencia.

k_i : Pérdidas en el inversor por rendimiento:

0,05 cuando el rendimiento es del 95%

0,1 cuando el rendimiento es del 90%

Se escoge 0,05 ya que se considera que es un equipo nuevo y de alta eficiencia.

k_r : Perdidas en el regulador por control de carga:

0,1 controlador eficiente

0,15 controlador poco eficiente

Se escoge 0,1 ya que se considera que es un equipo nuevo y de alta eficiencia.

k_p : Perdidas no consideradas:

0,1 cuando no se han tenido en cuenta pérdidas en cableado y equipos

0,05 cuando se ha realizado un estudio detallado de las pérdidas

Se escoge 0,1 ya que no se han tenido en cuenta pérdidas en cableado.

k_a : Auto descarga de las baterías:

0,002 cuando las baterías son de baja auto descarga (Ni-Cd)

0,005 cuando son baterías estacionarias de energía solar

0,012 cuando las baterías son de alta auto descarga (SLI)

Se escoge 0,005 para baterías estacionarias de energía solar

N: Número de días de autonomía de la instalación, se consideran 4 días de autonomía ya que es una instalación habitual.

P_d : Profundidad de descarga admisible de la batería, se escoge 70% ya que es el mínimo en este tipo de instalación.

Reemplazando en la ecuación 3:

$$R = (1 - 0,05 - 0,05 - 0,1 - 0,1) * \left(1 - \frac{0,005 * 4}{0,7}\right) = 0,68$$

Por lo cual tenemos que la energía necesaria que debe de producirse es de:

$$E_2 = \frac{5\,625}{0,68} = 8\,272,06 \text{ Wh}$$

$$E_3 = \frac{1\,723}{0,68} = 2\,533,82 \text{ Wh}$$

En cambio, cuando se aplica el factor de seguridad del 20% tenemos que la energía necesaria es:

$$E = E_t * 1.2$$

Ec. (4)

Reemplazando:

$$E_2 = 5\,625 * 1,2 = 6\,750 \text{ Wh}$$

$$E_3 = 1\,723 * 1,2 = 2\,067,6 \text{ Wh}$$

Pero para el cálculo del dimensionamiento y selección del sistema fotovoltaico autónomo se tomará el siguiente Cálculo que viene a ser un promedio entre ambos: [19]

$$E = 1,15 * \frac{E_t}{e}$$

Ec. (5)

Donde:

e = Eficiencia del inversor

Reemplazando:

$$E_2 = 1,15 * \frac{5\,625}{0,9} = 7\,187,5 \text{ Wh}$$

$$E_3 = 1,15 * \frac{1\,723}{0,9} = 2\,201,61 \text{ Wh}$$

4.3.5 Cálculo del número de paneles solares

Para determinar el número de paneles necesarios (Np), se emplea un factor de 1,1, el consumo energético real (E), la potencia pico del panel solar (Wp) y las horas picos solares (HPS) la cual se considera la irradiación del mes menos favorables. [19]

$$N_p = 1,1 * \frac{E}{W_p * HPS}$$

Ec. (6)

El factor que se utiliza para la selección del panel solar es el precio de estos, y la disponibilidad de espacio ya que a mayor potencia menos espacio ocupado. El panel seleccionado es el Panel Solar JA SOLAR 455W 24V Monocristalino PERC (VER ANEXO 17).

$$N_{p2} = 1,1 * \frac{7\ 187,5}{455 * 4,79} = 3,63 \approx 4$$

$$N_{p2} = 1,1 * \frac{2\ 201,61}{455 * 4,79} = 1,11 \approx 1$$

Para el tramo 2 se utilizará una conexión de dos paneles en serie y los demás en paralelo el tipo de conexión se especifica en la figura:

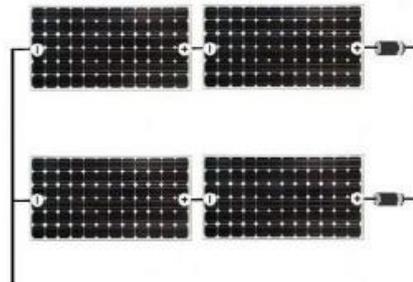


Ilustración 40. Tipo de conexión de los paneles del tramo2 del paseo Yortuque

Fuente: J. Alvarado, 2018

Para el tramo 3 se utilizará una conexión de un panel el tipo de conexión se especifica en la figura:



Ilustración 41. Tipo de conexión del panel de el tramo3 del paseo Yortuque

Fuente: J. Alvarado, 2018

Por lo cual se utilizará 5 paneles, en grupos de 2 de 24 V por lo que se podrá operar en 48 V en el tramo 2 del paseo Yortuque y se utilizará 1 panel 24 V para el tramo 3 del paseo Yortuque. Orientados hacia el sur y con una inclinación mínima de 15 grados para que la lluvia y el polvo no se acumule en el módulo. [19]

4.3.6 Selección de la estructura de soporte

En el tramo 2 del paseo Yortuque se empleará 4 paneles solares por lo cual se utilizará la Estructura Monoposte Regulable 2x2 paneles con un mástil de 4m de altura (VER ANEXO 18).



Ilustración 42 Estructura Monoposte Regulable 2x2 paneles

Fuente: <https://autosolar.pe/soporte-elevado/estructura-monoposte-regulable-2x2-paneles>

En el tramo 3 del paseo Yortuque se empleará 1 panel solares por lo cual se utilizará la Estructura Con Poste 1 Panel 18H1-15° con un mástil de 3 m de altura(VER ANEXO 19).



Ilustración 43 Estructura Con Poste 1 Panel 18H1-15°

Fuente: <https://autosolar.pe/soporte-elevado/estructura-con-poste-1-panel-18h1-15o>

Se selecciono el tipo de soporte elevado ya que donde se va a colocar los paneles fotovoltaicos es un área turística, de esta manera no estará al alcance de las personas y sobre todo de los niños además brindará una zona de sombra durante el día.

4.3.7 Cálculo del número de baterías

Para determinar el número de baterías necesarias (N_b), el consumo energético real (E), los días de autonomía (N), el voltaje de las baterías a utilizar (V_b), la profundidad de descarga (P_d) y la capacidad de las baterías a usar (C_b). [19]

$$N_b = \frac{E * N}{V_b * P_d * C_b}$$

Ec. (7)

La batería seleccionada para ambos tramos del paseo Yortuque es Batería GEL 12V 300Ah Tensite. Las baterías se utilizarán en grupos de 2 de 12V por lo que se podrá operar en 24 V en el tramo 2 y 12v en el tramo 3 (VER ANEXO 20).

$$N_{b2} = \frac{7\,187,5 * 4}{12 * 0,7 * 300} = 11,41 \approx 12$$

$$N_{b3} = \frac{2\,201,61 * 4}{24 * 0,7 * 300} = 3,49 \approx 4$$

4.3.8 Selección del Inversor Cargador

Para el selecciona miento del inversor cargador se debe de tener en cuenta, la tensión nominal de entrada que en este caso es de 48V y 24V, la potencia nominal multiplicado por un factor de seguridad de 25% y la corriente nominal en cortocircuito del panel solar seleccionado:

Para determinar la corriente del inversor cargador(I_i), la corriente de campo fotovoltaico(I_{cf}), corriente de corriente de cortocircuito del panel y el número de paneles(N_p).

$$I_i = 1.1 * (I_{cf} * N_p)$$

Ec. (8)

Donde:

Tramo 2 la potencia nominal es de $1\ 125 * 1,25 = 1\ 406,25\ W$ y la corriente del inversor cargador de $1,1 * (10,88 * 4) = 47,87\ Ah$.

Tramo 3 la potencia nominal es de $344,6 * 1,25 = 430,75\ W$ y la corriente del inversor cargador de $1,1 * (10,88 * 1) = 11,97\ Ah$.

Por lo que los inversores solares seleccionados son; Inversor Cargador 3 000W 24V MPPT Must Solar para el tramo 2 del paseo Yortuque y un Inversor Cargador 1 000W 12V MPPT 60A VPM Must Solar para el tramo 3 del paseo Yortuque (VER ANEXOS 21, 22).

4.3.9 Selección del Interruptor Horario Digital

La tensión máxima que tenemos en los circuitos del tramo 2 es de 8.7 A y en el tramo 3 es de 2.7 A por lo cual en ambos circuitos se utilizará el AHC15D Interruptor horario digital semanal, el cable a utilizar será de las mismas dimensiones del inversor cargador hacia las cargas (ver anexo 25).

Resumiendo:

Tabla 10. Variables del sistema fotovoltaico tramo 2 del paseo Yortuque

VARIABLES	Valores
Radiación Solar de la zona	4,79
Días de autonomía	4
Potencia del Panel solar a usar	455
Voltaje de batería a usar	12
Profundidad descarga de la batería (70%)	0,7
Corriente del panel (dato del panel)	10,88
Eficiencia del inversor (90%)	0,9
Capacidad de la batería a usar (AH)	300

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Cálculo del sistema fotovoltaico tramo 2 del paseo Yortuque

Incógnitas	Resultados	Unidad
Energía total	7 187,5	Wh/día
Número de paneles solares	4	---
Numero de baterías	12	---
Cálculo del regulador (amperios)	49,34	AH
Cálculo del inversor (watts)	1 406,25	WATTS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Variables del sistema fotovoltaico tramo 3 del paseo Yortuque

VARIABLES	Valores
Radiación Solar de la zona	4,79
Días de autonomía	4
Potencia del Panel solar a usar	455
Voltaje de batería a usar	12
Profundidad descarga de la batería (70%)	0,7
Corriente del panel (dato del panel)	10,88
Eficiencia del inversor (90%)	0,9
Capacidad de la batería a usar (AH)	300

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Cálculo del sistema fotovoltaico tramo 3 del paseo Yortuque

Incógnitas	Resultados	Unidad
Energía total	2 201,61	Wh/día
Número de paneles solares	1	---
Numero de baterías	4	---
Cálculo del regulador (amperios)	15,11	AH
Cálculo del inversor (watts)	430,75	WATTS

Fuente: Elaboración propia

4.3.10 Cableado

En el cálculo de la sección de los cables se debe de tener en cuenta dos cosas, las condiciones eléctricas de cada punto (La tensión y la intensidad)., y la longitud del cable a utilizar. Por lo cual se utilizarán las recomendaciones específicas para cada tramo:

$$S = \frac{2 * L * I}{\Delta V * k}$$

Ec. (9)

S = Sección del cable

L = Longitud del cable

I = Intensidad máxima de corriente en el cable

ΔV = Caída de tensión permitida en el tramo

k = Conductividad eléctrica del cable

La caída de tensión máxima es de 1,5% y el material de los cables es de cobre por lo que se considera que $k = 56 \text{ m}/\Omega * \text{mm}^2$. [17]

4.3.10.1 Cableado desde el panel hacia el inversor cargador

Para este cálculo se considera que las distancia máxima es de 10m, con una intensidad de $10,88 * 2 = 21,76 \text{ A}$ y una caída de tensión de $48 * 0,015 = 0,72 \text{ V}$ y $24 * 0,015 = 0,36 \text{ V}$.

$$S_2 = \frac{2 * 10 * 21,76}{0,72 * 56} = 10,8 \text{ mm}^2$$

$$S_3 = \frac{2 * 10 * 10,88}{0,36 * 56} = 5,4 \text{ mm}^2$$

Por lo que para el tramo 2 se utilizara el cable estándar 6 AWG y para el tramo 3 un cable estándar de 8 AWG (VER ANEXO 14). [17]

4.3.10.2 Cableado desde el regulador hacia las baterías

Se suele colocar el inversor muy próximo a las baterías por lo cual su distancia no excede los 3 m, con una intensidad de $10,88 * 4 = 43,52 \text{ A}$ y una caída de tensión de $48 * 0,015 = 0,72 \text{ V}$ y $24 * 0,015 = 0,36 \text{ V}$.

$$S_2 = \frac{2 * 3 * 43,52}{0,72 * 56} = 6,47mm^2$$

$$S_3 = \frac{2 * 3 * 10,88}{0,36 * 56} = 5,4mm^2$$

Por lo que para el tramo 2 se utilizara el cable estándar 8 AWG y para el tramo 3 un cable estándar de 8 AWG (VER ANEXO 14). [17]

4.3.10.3 Conexión hacia las cargas de consumo

Para determinar el tipo de cable se utilizará la formula anterior para el cual se debe de determinar la intensidad utilizando la demanda de potencia y la tensión de salida del inversor y las distancias respectivas de conexión. [17]

Tabla 14. Distancias y potencia según escultura desde el Sistema Fotovoltaico

N.º de Escultura	Distancias	Potencia			
1	32	37	9	14	35,7
2	64	19	10	12	35,7
3	200	37,5	11	7	78,6
4	20	19	12	18	35,7
5	24	56	13	7	35,7
6	15	27,5	14	30	26,2
7	25,5	116	15	18	37
8	9,5	116	16	14	19
			17	19	28

18	58	38
19	54	38
20	23	28
21	23	38
22	25	19
23	6	19
24	6	19
25	6	19
26	6	19
27	6	19
28	9	19
29	6	19
30	8	19
31	15	52,4

32	16	19
33	19	19
34	8	19
35	12	9,5
36	30	9,5
37	64	71,4
38	11	76
39	35	45,2
40	17	19
41	11	19
42	18	19
43	7	19

Fuente: Elaboración propia

Se dividirá los circuitos a utilizar para cada tramo según la ecuación 8, donde la caída de tensión será de $230 \cdot 0,015 = 3,45$.

Tabla 15. Cálculos para la selección de conductores

	Distancia	Potencia	Corriente	Sección calculada(mm ²)	AWG
C1	416	93,5	0,58	2,5	12
C2	120	405,9	2,52	3,1	12
C3	94	232,2	1,44	1,4	14
C4	302	208	1,29	4,0	10
C5	352	185,4	1,15	4,2	10
C6	149	147,4	0,92	1,4	14
C7	99	197,2	1,22	1,3	14

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15 se ha definido el tipo de conductor a utilizar según los circuitos de cada tramo, así como las distancias recorridas de cada uno de ellos, el cable de puesta a tierra será la mitad de la sección nominal de los cables para más detalles (VER ANEXO 23).

4.3.10.4 Tuberías

Las tuberías a emplear serán de PVC las cuales serán seleccionadas según el tramo de cada circuito, para el cual nos basaremos en la ilustración 44 para su correcta selección.

Tipo de aislamiento	Sección nominal [mm ²]	Diámetro exterior [mm]	Dimensión de la tubería pesada o liviana												
			15 [mm]	20 [mm]	25 [mm]	35 [mm]	40 [mm]	55 [mm]	65 [mm]	80 [mm]	90 [mm]	105 [mm]	115 [mm]	130 [mm]	155 [mm]
			(1/2)*	(3/4)*	(1)*	(1 1/4)*	(1 1/2)*	(2)*	(2 1/2)*	(3)*	(3 1/2)	(4)*	(4 1/2)*	(5)*	(6)*
THW, RHW-2	2,5	4,4	5	9	14	25	34	56	81	125	167	200	200	200	200
	4	4,9	4	7	11	20	27	45	65	101	135	174	200	200	200
	6	5,6	3	5	9	15	21	35	50	77	103	133	167	200	200
	10	7,1	1	3	5	9	13	21	31	48	64	82	103	130	188
	16	8,5	1	1	3	6	9	15	21	33	44	57	72	90	131
	25	9,5	1	1	3	5	7	12	17	26	36	46	58	72	105
	35	11	1	1	1	4	5	9	13	20	26	34	43	54	78
	50	13	1	1	1	2	3	6	9	14	19	24	31	38	56
	70	15	1	1	1	2	4	7	11	12	18	23	29	42	
	95	17	1	1	1	1	3	5	8	11	14	18	23	32	
	120	20	1	1	1	1	2	4	6	8	10	13	16	23	
	150	21	1	1	1	1	1	3	5	7	9	11	14	21	
	185	23	1	1	1	1	1	2	4	6	8	10	12	18	
	240	26	1	1	1	1	1	1	3	4	6	7	10	14	
	300	29	1	1	1	1	1	1	2	3	5	6	7	11	
	400	32	1	1	1	1	1	1	1	3	4	5	6	9	
500	35	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5	7		

* Las unidades indicadas en pulgadas son temporales, en esta transición hacia el empleo de unidades en mm, están sujetas a cambio cuando se disponga de las Normas Técnicas Peruanas correspondientes.

Nota 1: Las dimensiones están sujetas a tolerancias de fabricación.

Nota 2: Se recomienda verificar con información actualizada de los fabricantes de estos productos y de preferencia que posean certificación ISO.

Nota 3: Tener presente que los diámetros de los conductores varían si son sólidos o cableados y -en el caso del cableado- dependerá del grado de compactación.

Ilustración 44. Máximo número de conductores de una dimensión en tuberías pesadas o livianas según CNE

Fuente: CNE del Perú

Tabla 16. Selección de tuberías por circuitos

	AWG	(mm ²)	Tubería(mm)
C1	12	4	15
C2	12	4	20
C3	14	2,5	25
C4	10	6	25
C5	10	6	15
C6	14	2,5	15
C7	14	2,5	15

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16 se ha definido las tuberías a utilizar en los tramos 2 y 3 del paseo Yortuque.

4.3.11 Protecciones

En toda instalación eléctrica se debe de instalar ciertas protecciones, tanto como para los componentes eléctricos como para las personas.

4.3.11.1 Protecciones en corriente continua

Estas protecciones se usan para proteger el sistema fotovoltaico autónomo para el cual se utiliza dos tipos de diodos (diodos de bloqueo y diodos de bypass). Los diodos de bloqueo impiden que la batería se descargue a través de los módulos FV en ausencia de luz solar, o sea que evita que la corriente retorne. Evitan también que el flujo de corriente se invierta entre bloques de módulos conectados en paralelo, cuando en uno o más de ellos se produce sombra. [19]

Los diodos de bypass protegen individualmente a cada módulo de posibles daños ocasionados por sombras parciales. Deben ser utilizados en disposiciones en las que los módulos están conectados en serie. Generalmente no son necesarios en sistemas que funcionan a 24 V o menos. [19]

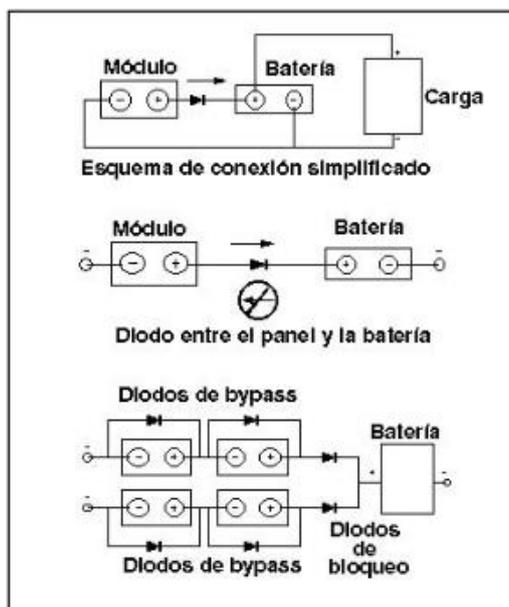


Ilustración 45. Esquema de conexión de diodos

Fuente: <http://galeon.com/solarfotovoltaica>

4.3.11.2 Protecciones en corriente alterna

Se colocará interruptores Termomagnéticos, el cual protegerá los inversores de las sobrecargas y sobre intensidades producidas por el cortocircuito. E interruptores diferenciales para la protección de las personas el cual debe de contar con puesta a tierra (VER ANEXOS 13, 23).

Tabla 17. Cálculo de la corriente nominal en el tramo 2

	Potencia(W)	Corriente(A)	C. Nominal(A)
TG1	1 125	7,0	8,7
C1	93,5	0,6	0,7
C2	405,9	2,5	3,2
C3	232,2	1,4	1,8
C4	208	1,3	1,6
C5	185,4	1,2	1,4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Cálculo de la corriente nominal en el tramo 3

	Potencia(W)	Corriente(A)	C. Nominal(A)
TG2	344,6	2,1	2,7
C6	147,4	0,9	1,1
C7	197,2	1,2	1,5

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 17 y 18 se ha determinado las corrientes en las cuales operan cada circuito por lo que con están se definirán el tipo de protección que se va a implementar.

4.4 Evaluación Económica

Se realizará el presupuesto del diseño de iluminación ornamental para esculturas en el paseo Yortuque y posteriormente el cálculo del sistema fotovoltaico.

Tabla 19. Costo de equipos del sistema de iluminación

Equipos	Precio (S/.)	Cantidad	Total(S/.)
Heper - LF8018.853 Punto-Flexo-9-Kinematic-3000K	88,5	10	885
Heper - LF8017.693-7 Punto-Hybrid-S-7-Kinematic-3000K	50	1	50
Heper-LF8017.696 Punto-Hybrid-S-RGB-White-Kinematic	55	74	4 070
Heper-LF8019.698-7 Punto-Hybrid-L-7-Kinematic-3000K	126	4	504
Heper-LF8018.696 Punto-RGB-White-Kinematic	109	13	1 417
			6 926

Fuente: Elaboración propia

Para la iluminación de las 43 esculturas se utilizarán 102 luminarias tipo proyector, los cuales tienen un costo total de S/. 6926.

Tabla 20. Costo de los materiales del sistema de iluminación

Materiales	Precio (S/.)	Cantidad	Sub Total
Cable THW 14	94.6	4	378.4
Cable THW 12	147.4	6	884.4
Cable THW 10	230	7	1610
Interruptor Termomagnético 2X6A Bticino	27	7	189
Interruptor Termomagnético 2x10A Bticino	35	2	70
AHC15D Interruptor Horario Digital	48	2	96
Interruptor Diferencial Bticino 2x25	120	2	240
Tubo Luz SAP 1/2" Tigre	4.1	339	1389.9
Tubo Conductor Eléctrico 3/4 " SAP Tigre	5.3	40	212
Tubo Conductor Eléctrico 1" SAP Tigre	6.6	132	871.2
Tablero Empotrable 12 Polos Jormen	150	2	300
			6240.9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Costo de instalación del sistema de iluminación y fotovoltaico

Mano de obra	Precio (S/.)	Cantidad	Total(S/.)
Mano de obra de 4 obreros por hora	75	24	1 800
Ingeniero supervisor por hora	400	3	1 200
Técnico de instalación por hora	60	24	1 440
Otros	500	1	500
			4 940

Fuente: Elaboración propia

Habiendo obtenido los costos de los equipos de iluminación, sus respectivos materiales a utilizar y la mano de obra se obtiene que para la implementación de un sistema de iluminación ornamental sobre esculturas en el paseo Yortuque es de S/. 18 107.

Tabla 22. Costo de los equipos del sistema fotovoltaico

Equipos	Precio (S/.)	Cantidad	Total(S/.)
Panel Solar JA SOLAR 455W 24V Monocristalino PERC	810	5	4 050
Estructura Monoposte Regulable 2x2 paneles	3 295	1	3 295
Estructura Con Poste 1 Panel 18H1-15º	1 119	1	1 119
Batería GEL 12V 300Ah Tensite	1 625	16	26 000
Inversor Cargador 3000W 24V MPPT 80A Must Solar VHM	1 924	1	1 924
Inversor Cargador 1000W 12V MPPT 60A VPM Must Solar	1 180	1	1 180
			37 568

Fuente: Elaboración propia

Mediante hojas de cálculo se halló que la inversión necesaria para implementar el diseño de iluminación conectado a un sistema fotovoltaico es de S/. 55 675.

Por último, se realizará un cálculo del costo de electricidad nivelado(LCOE), para medir el costo de la energía generada por el sistema fotovoltaico, esta se calcula con la inversión de capital inicial y los costos de mantenimiento en un periodo de 20 años(vida útil del sistema).

Tabla 23 Costo de los equipos del sistema fotovoltaico en un periodo de 20 años

Equipos	Precio (S/.)	Cantidad	Sub Total
Panel Solar JA SOLAR 455W 24V Monocristalino PERC	810	5	4 050
Estructura Monoposte Regulable 2x2 paneles	3 295	1	3 295
Estructura Con Poste 1 Panel 18H1-15º	1 119	1	1 119
Batería GEL 12V 300Ah Tensite	1 625	32	52 000
Inversor Cargador 3000W 24V MPPT 80A Must Solar VHM	1 924	1	1 924
Inversor Cargador 1000W 12V MPPT 60A VPM Must Solar	1 180	1	1 180
			63 568

Fuente: Elaboración propia

Inversión inicial = S/. 63 568

Costos de mantenimiento = S/. 635,68/ año (aproximadamente 1% de la inversión inicial)

Producción anual estimada = 3 427,35 kWh

Proyecto de vida = 20 años.

Durante su vida útil, la producción total de kWh de este sistema fotovoltaico será:

Producción de por vida = 3 427,35 kWh / año x 20 años = 68 547 kWh

El costo total de propiedad, considerando la inversión inicial y los costos de mantenimiento, será:

Costo total de propiedad = S/. 63 568+ S/. 635,68/ año x 20 años = S/. 76 281,6

Por lo tanto, este proyecto tendrá el siguiente LCOE:

LCOE = S/. 76 281,6/ 68 547 kWh = 1,1 S/. / kWh

Tecnología	Eólica on-shore	Eólica off-shore	Solar fotovoltaica	Solar térmica	Hidráulica	Geotérmica	Biomasa	Variación promedio a 2018
2017	0.064	0.127	0.097	0.250	0.055	0.073	0.071	-11%
2018	0.055	0.126	0.085	0.186	0.048	0.072	0.061	
Variación en el costo total 2017-2018	-14%	-1%	-12%	-26%	-13%	-1%	-14%	

Ilustración 46 Costo promedio ponderado global de electricidad (USD/kWh)

Fuente: web Irena

Siendo el LCOE en Perú de 0.31 S/. / kWh.

Como se puede apreciar el LCOE del proyecto es de 1,1 S/. / kWh, siendo mayor al LCOE del Perú esto se debe a que el sistema fotovoltaico al largo de su vida útil no será utilizado en un 100%, ya que este solo operará durante 5h horas al día.

4.5 Discusión

Se estableció parámetros de las variables del entorno que afectan a la escultura, así como su (Índice de reproducción cromática, Temperatura de color, Nivel de iluminación y el Deslumbramiento) a utilizar en el software Dialux EVO, para tener una correcta iluminación en las esculturas. Pero esto no quiere decir que el diseñador no pueda variar estos datos ya que esto se diseña según el criterio del proyectista.

El diseño lumínico y eléctrico para las esculturas del paseo Yortuque utilizando el programa de luminotecnia Dialux evo se puede utilizar para cualquier tipo de escultura por lo que este proyecto puede servir como una ficha de elaboración para este tipo de iluminación ya que es un diseño lumínico por proyección sencillo y asequible para todo público que tenga conocimientos básicos de esto.

El diseño del sistema fotovoltaico autónomo que se utilizara para la alimentación del diseño lumínico con Leds fomenta el uso de energías renovables en la iluminación de distintos sectores, pero si no se quiere realizara este tipo de inversión se puede conectar directamente a la red ya que es un diseño lumínico que trabaja a 220 V.

V. Conclusiones

PRIMERO: Se determinó el tipo y posición de las fuentes lumínicas mediante visitas diurnas y nocturnas las cuales se plasmaron en fichas de recolección de datos en la que se seleccionaron 43 esculturas y se encontró que 2 de ellas tenían este tipo de iluminación y 7 estaban mal enfocadas causando deslumbramiento, se determinó la incidencia solar mínima que es de 4,79 kWh/m² día en el paseo Yortuque utilizando el software Pvsyst.

SEGUNDO: Los parámetros para una correcta iluminación en esculturas es, el Índice de Reproducción Cromática donde el mínimo debe de ser de 80, la temperatura de Color que va entre 2 500 K y 4 000 k donde se considera que es una temperatura cálida, el nivel de iluminación los cuales irán de 180 - 220 Lux en color cobre metálico y de 200 - 240 Lux en color xanadu y el deslumbramiento un máximo de 10. Por lo cual se logró desarrollar un diseño lumínico por proyección sencillo y asequible, utilizando el software Dialux evo en el cual se pudo verificar y seleccionar el tipo de luminaria a utilizar, así como visualizar de manera realista el proyecto, este diseño lumínico se puede utilizar para todo tipo de esculturas.

TERCERO: Para el sistema fotovoltaico se utilizará 4 paneles colocado en una estructura elevada para el tramo 2 del paseo Yortuque con una carga de 7 187,5 Wh/día y 1 panel para el tramo 3 del paseo Yortuque con una carga de 2 201,61 Wh/día, en el cual se detalló los pasos a seguir para su correcta instalación tomando en cuenta la localización y las cargas del sistema lumínico.

CUARTO: El costo del diseño de iluminación sobre esculturas es de S/. 18 107 y del sistema fotovoltaico de S/. 37 568, por lo cual el costo total de la propuesta es de S/. 55 675, siendo el costo de electricidad nivelado 1,1 S/. / kWh.

VI. Recomendaciones

PRIMERO: Obtener data directamente de las personas que realizaron las esculturas para tener las mediciones precisas y sacar los datos de incidencia solar de una estación climática del mismo lugar para poder realizar cálculos más cercanos a la realidad.

SEGUNDO: Antes de realizar cualquier Cálculo en el software Dialux comprobar cuantos lux ahí en la escultura que se desea iluminar o en todo caso sobre dimensionar, se recomienda utilizar luminarias tipo RGB Kinematic ya que te permite jugar con diferentes tipos de colores y definir el ángulo de inclinación.

TERCERO: El tablero de estación eléctrico debe de estar bien protegido para que no ocurra ningún tipo de accidente ya que va ser una zona turística donde transcurren muchas personas. Se debe de realizar un mantenimiento al sistema fotovoltaico autónomo mensualmente, teniendo en cuenta los equipos de protección personal, para alargar la vida útil de la instalación.

CUARTO: De ser el caso donde se desea iluminar pocas esculturas se recomienda conectarla a la red eléctrica ya que la inversión con el sistema fotovoltaico a largo plazo no puede variar mucho estos está más expuestos a vandalismos o se encuentran en ambientes pocos adecuados para su uso.

VII. Referencias

- [1] B. Nieto, Propuesta de normativa de iluminación para zonas recreativas y deportivas de la ciudad de Quito, realizando un estudio Técnico - Económico con la situación actual., 2015.
- [2] J. Armando, Diseño de iluminación eficiente de parques aplicando nuevas tecnologías., 2015.
- [3] F. Q. Alejandro, diseño y construcción de un sistema de iluminación a base de celdas fotovoltaicas empleando lámparas led en el corredor (pumabus), de la fes zaragoza campus ii, Mexico, 2013.
- [4] G. F. A. Uriel, Propuesta De Alumbrado Con Iluminación Tipo Led Y Paneles Fotovoltaicos, Mexico, 2016.
- [5] M. P. C. Guaman, Diseño de iluminación con luminarias tipo LED basado en el concepto eficiencia energética y confort visual, implementación de estructuras para pruebas, 2015.
- [6] O. C. Uscca, Propuesta para la reducción de consumo eléctrico y optimización de iluminación en el instituto de informática de la universidad nacional del altiplano implementando un sistema fotovoltaica y tecnología led, Puno, 2018.
- [7] J. S. Espinoza, Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para abastecimiento eficiente de energía en el ámbito rural, Huancayo, 2017.
- [8] «Ecología Hoy,» [En línea]. Available: <https://ecologiahoy.net/energias/eficiencia-energetica-que-es/>.
- [9] P. M. Fariña, «BBVA,» 02 Noviembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.bbva.com/es/cinco-pautas-para-contribuir-a-la-eficiencia-energetica/>.
- [10] A. J. Leon, Lighting, 2007.
- [11] C. M. Montserrat, «Curso Online de Iluminacion,» [En línea]. Available: <https://grlum.dpe.upc.edu/manual/index.php>.
- [12] J. Biosca, «Led Almacen,» 28 Diciembre 2017. [En línea]. Available: <https://blog.ledalmacen.com/2017/12/28/indice-reproduccion-cromatica-la-iluminacion-led/>.
- [13] «Bachimport,» 10 Enero 2016. [En línea]. Available: <https://bachimport.wordpress.com/2016/01/10/indice-de-reproduccion-cromatica-y-temperatura-de-color/>.

- [14] «Lamparas v3,» [En línea]. Available:
https://www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/inst_electricas/Lamparas_v3.pdf.
- [15] «EnErfigente,» 24 Agosto 2015. [En línea]. Available:
<https://enerfigente.wordpress.com/2015/08/24/lamparas-tipos-y-caracteristicas/>.
- [16] «Energías Renovables,» 2008. [En línea]. Available:
https://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro_energia_solar.pdf.
- [17] J. Alvarado Ladrón de Guevara, «Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica aislada,» 2018.
- [18] «Weather Spark,» 2019. [En línea]. Available:
<https://es.weatherspark.com/y/19294/Clima-promedio-en-Chiclayo-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>.
- [19] CDIT, Manual tecnico para instalaciones domiciliarias.
- [20] «EDII,» [En línea]. Available:
http://edii.uclm.es/~arodenas/Solar/calculo_aislados4.htm.
- [21] osinerg, Opciones Tarifarias y Condiciones de aplicación de las Tarifas a usuario final, 2015.

VIII. Anexos

Anexo 1. Fichas técnicas de las esculturas.

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 1
				
Dimensiones:	Alto:	4,20 m		
	Ancho:	1,60 m		

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 2
--------	-------------	--------	----------------	--------



Dimensiones:	Alto:	2 m		
	Ancho:	1,40 m		

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 3
--------	-------------	--------	----------------	--------



Dimensiones:	Alto:	2,2 m		
	Ancho:	4,50 m		

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 4
--------	-------------	--------	----------------	--------



Dimensiones:	Alto:	1,80 m		
--------------	-------	--------	--	--

	Ancho:	1,10 m		
--	--------	--------	--	--

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 5
--------	-------------	--------	----------------	--------



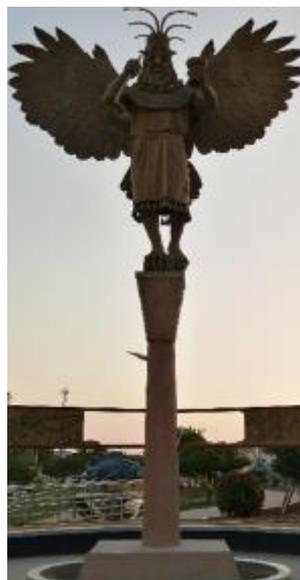
Dimensiones:	Alto:	2,20 m		
--------------	-------	--------	--	--

	Ancho:	3,20 m		
--	--------	--------	--	--

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 6
--------	-------------	--------	----------------	--------



Dimensiones:	Alto:	2,40 m		
	Ancho:	4 m		
Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 7



Dimensiones:	Alto:	6 m		
	Ancho:	2,5 m		

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 8
--------	-------------	--------	----------------	--------



Dimensiones:	Alto:	6 m		
	Ancho:	2,5m		

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 9
--------	-------------	--------	----------------	--------



Dimensiones:	Alto:	3,6		
	Ancho:	1,20 m		

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 10
				
Dimensiones:	Alto:	3,6 m		
	Ancho:	1 m		
Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 11
				
Dimensiones:	Alto:	3,80 m		
	Ancho:	3,5 m		

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 12
				
Dimensiones:	Alto:	3,20 m		
	Ancho:	1,40 m		
Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 13
				
Dimensiones:	Alto:	3,6		
	Ancho:	1,20 m		

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 14
--------	-------------	--------	----------------	---------



Dimensiones:	Alto:	3,00 m
	Ancho:	1,20 m

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 15
--------	-------------	--------	----------------	---------



Dimensiones:	Alto:	3,60 m
	Ancho:	1,20 m

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 16
--------	-------------	--------	----------------	---------



Dimensiones:	Alto:	3 m
	Ancho:	1,60 m

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 17
--------	-------------	--------	----------------	---------



Dimensiones:	Alto:	3 m
	Ancho:	1,20 m

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 18
--------	-------------	--------	----------------	---------



Dimensiones:	Alto:	2 m		
	Ancho:	3 m		
Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 19



Dimensiones:	Alto:	1,8 m		
	Ancho:	2 m		

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 20
--------	-------------	--------	----------------	---------



Dimensiones:	Alto:	1,8 m		
	Ancho:	3 m		
Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 21



Dimensiones:	Alto:	2,20 m		
	Ancho:	1 m		

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 22
--------	-------------	--------	----------------	---------



Dimensiones:	Alto:	1,8 m		
	Ancho:	1,40 m		
Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 23



Dimensiones:	Alto:	2m		
	Ancho:	0,8m		

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 24
--------	-------------	--------	----------------	---------



Dimensiones:	Alto:	1,8 m		
	Ancho:	1,4 m		

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 25
--------	-------------	--------	----------------	---------



Dimensiones:	Alto:	2m		
	Ancho:	0,8m		

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 26
--------	-------------	--------	----------------	---------



Dimensiones:	Alto:	2m
	Ancho:	2m

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 27
--------	-------------	--------	----------------	---------



Dimensiones:	Alto:	2 m
	Ancho:	2 m

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 28
--------	-------------	--------	----------------	---------



Dimensiones:	Alto:	1,8 m		
	Ancho:	1,2 m		

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 29
--------	-------------	--------	----------------	---------



Dimensiones:	Alto:	2m		
	Ancho:	0,8 m		

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 30
--------	-------------	--------	----------------	---------



Dimensiones:	Alto:	1,70 m		
	Ancho:	2 m		

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 31
--------	-------------	--------	----------------	---------



Dimensiones:	Alto:	3 m		
	Ancho:	2,10 m		

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 32
--------	-------------	--------	----------------	---------



Dimensiones:	Alto:	2,10 m		
	Ancho:	1 m		
Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 33



Dimensiones:	Alto:	1,70 m		
	Ancho:	1,40 m		

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 34
--------	-------------	--------	----------------	---------



Dimensiones:	Alto:	2,10 m		
	Ancho:	1 m		

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 35
--------	-------------	--------	----------------	---------



Dimensiones:	Alto:	1,70 m		
	Ancho:	0,7 m		

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 36
--------	-------------	--------	----------------	---------



Dimensiones:	Alto:	1,70m
	Ancho:	0,7m

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 37
--------	-------------	--------	----------------	---------



Dimensiones:	Alto:	3,20 m
	Ancho:	1,20 m

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 38
--------	-------------	--------	----------------	---------



Dimensiones:	Alto:	2,10 m		
	Ancho:	1,20 m		
Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 39



Dimensiones:	Alto:	2 m		
	Ancho:	5 m		

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 40
--------	-------------	--------	----------------	---------



Dimensiones:	Alto:	2 m
	Ancho:	1 m

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 41
--------	-------------	--------	----------------	---------



Dimensiones:	Alto:	1,60 m
	Ancho:	1,20 m

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 42
--------	-------------	--------	----------------	---------



Dimensiones:	Alto:	1,50 m
	Ancho:	1,40 m

Fecha:	04/ 11 / 19	Color:	Cobre metálico	N.º: 43
--------	-------------	--------	----------------	---------



Dimensiones:	Alto:	1,80 m
	Ancho:	1,30 m

Anexo 2. Medición con luxómetro de la escultura Pesca**Anexo 3. Medición con luxómetro de la escultura número 28**

Anexo 4. Medición con luxómetro de la escultura número 12



Anexo 5. Parámetros de cálculos de las esculturas en Dialux evo.

Sumario de los resultados

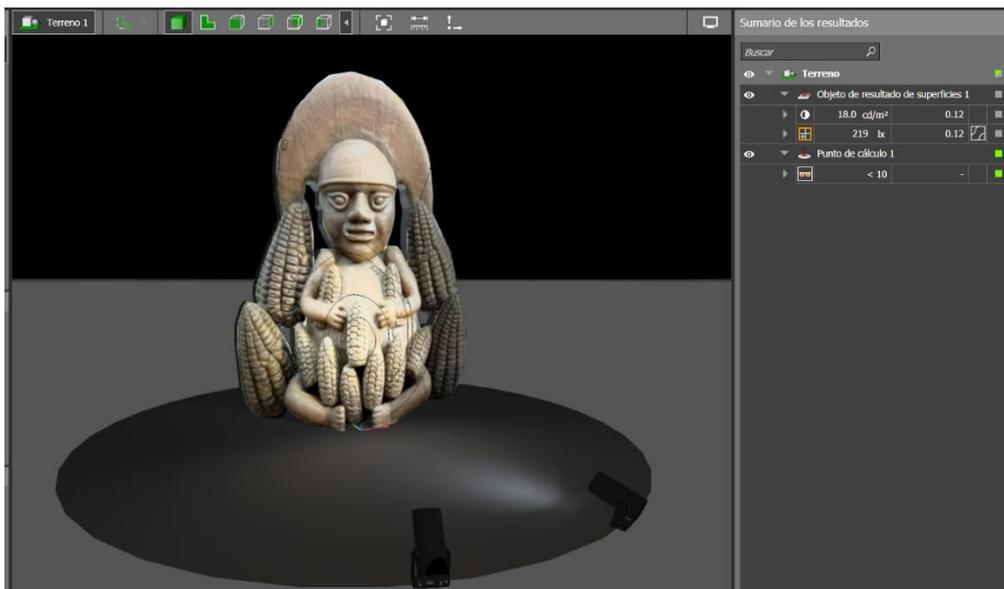
Buscar

- Terreno
 - Objeto de resultado de superficies 1
 - 19.5 cd/m²
 - 184 lx
 - Objeto de resultado de superficies 2
 - 0.33 cd/m²
 - 5.23 lx
- Objeto de resultado de superficies (Intensidad)

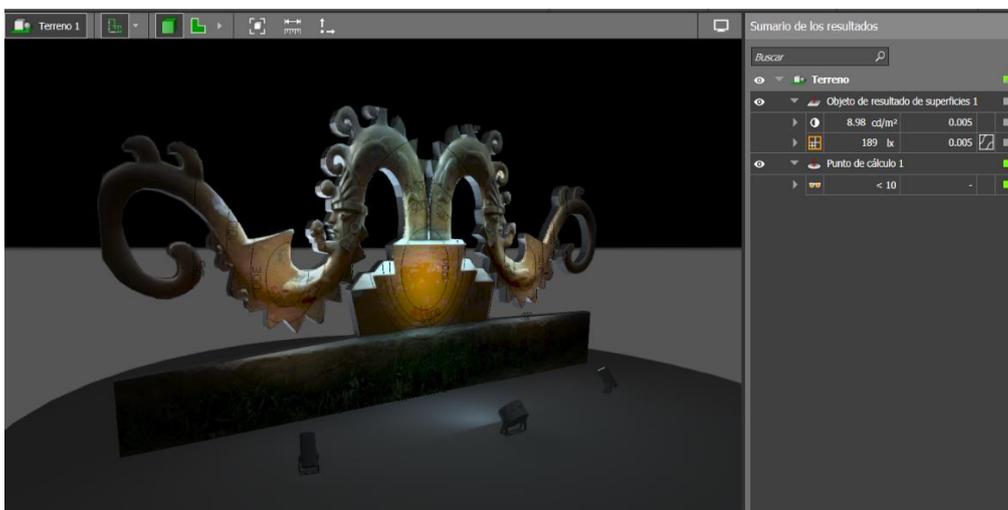
Real	
Media	5.23 lx
Min	0.048 lx
Max	53.5 lx
Mín./medio	0.009
Mín./máx.	0.001
- Parámetros

Altura	2.50 m
--------	--------
- Punto de cálculo 2
 - < 10

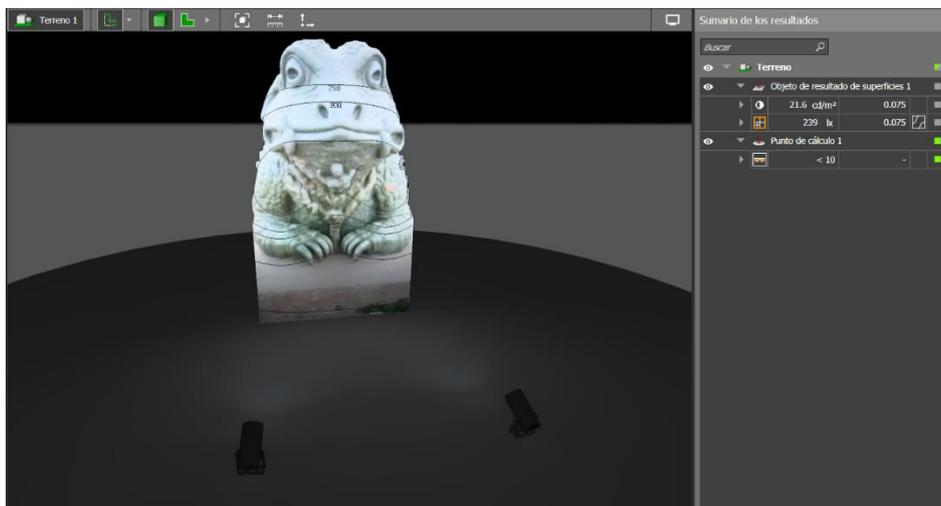
Parámetros de cálculos de la escultura 1



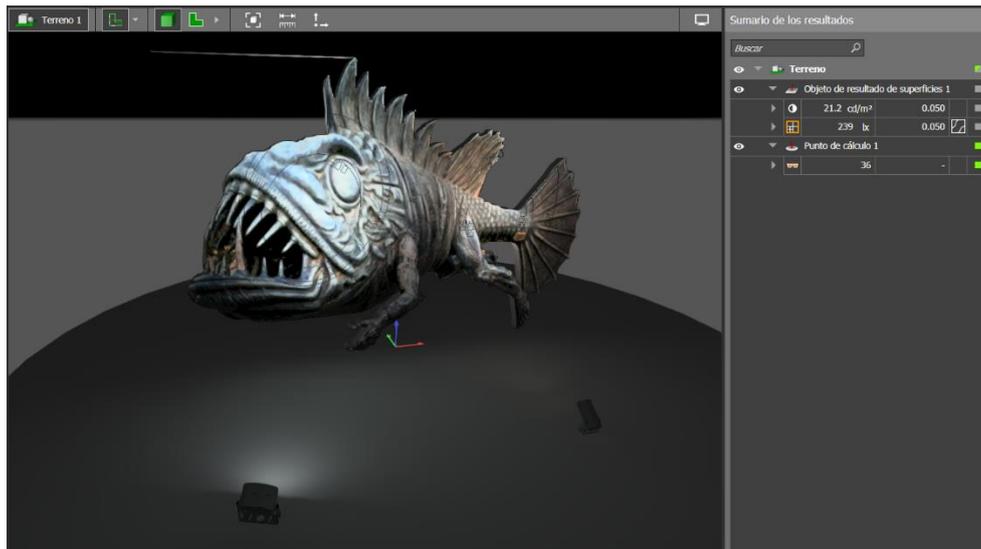
Parámetros de cálculos de la escultura 2



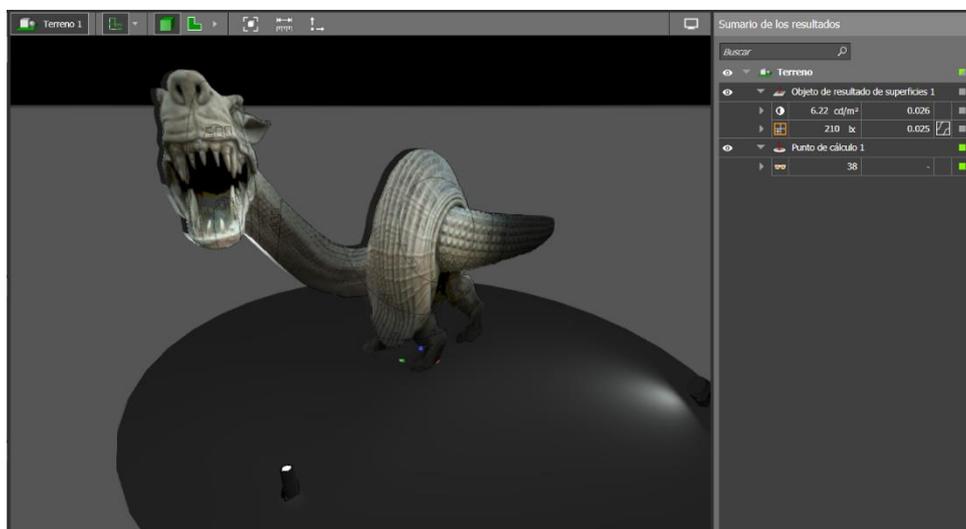
Parámetros de cálculos de la escultura 3



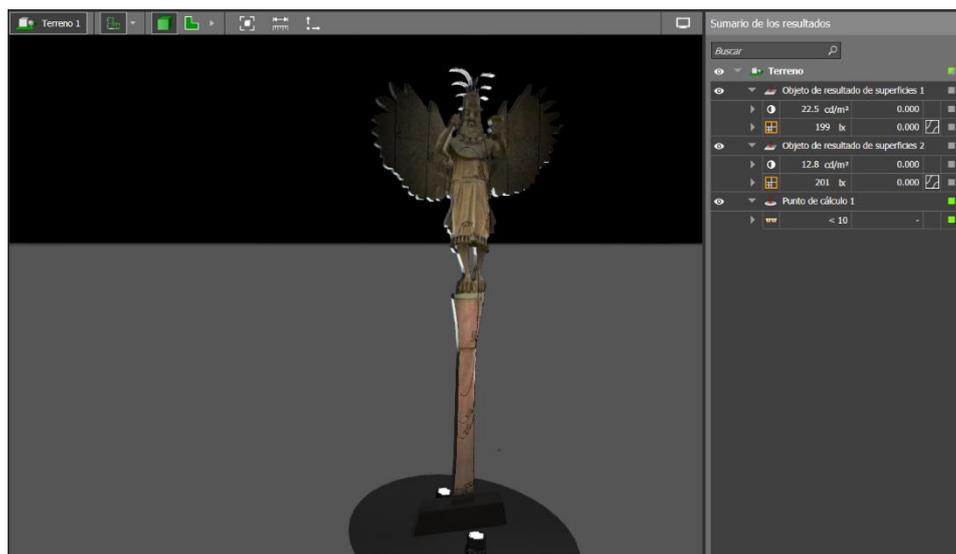
Parámetros de cálculos de la escultura 4



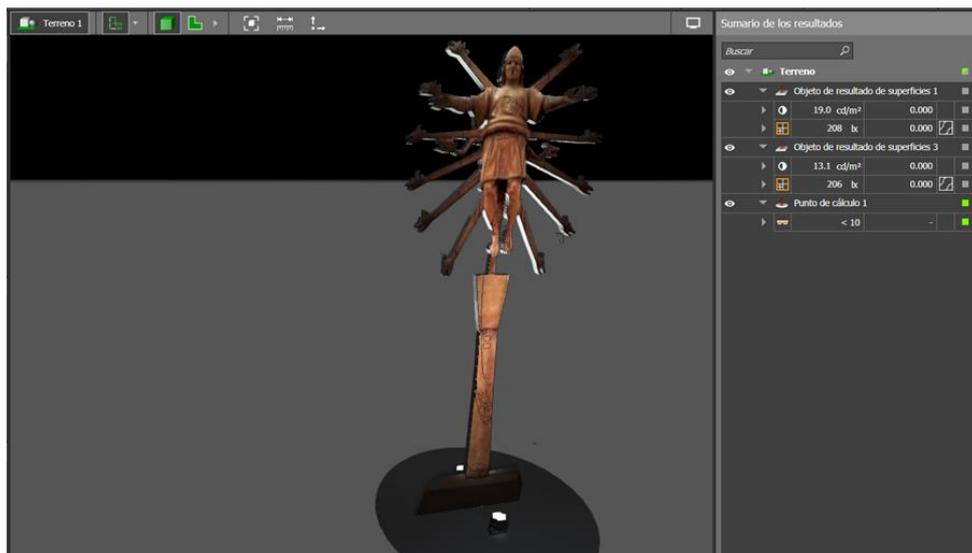
Parámetros de cálculos de la escultura 5



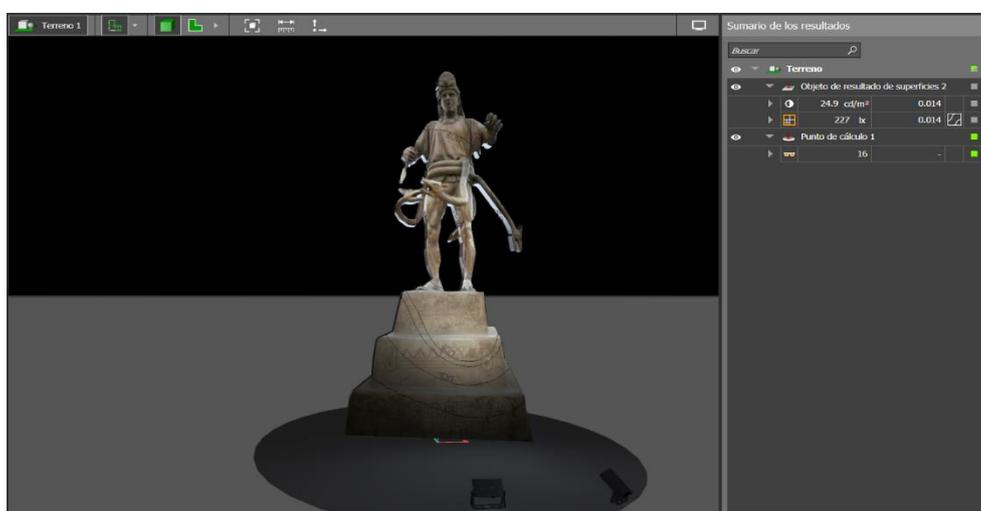
Parámetros de cálculos de la escultura 6



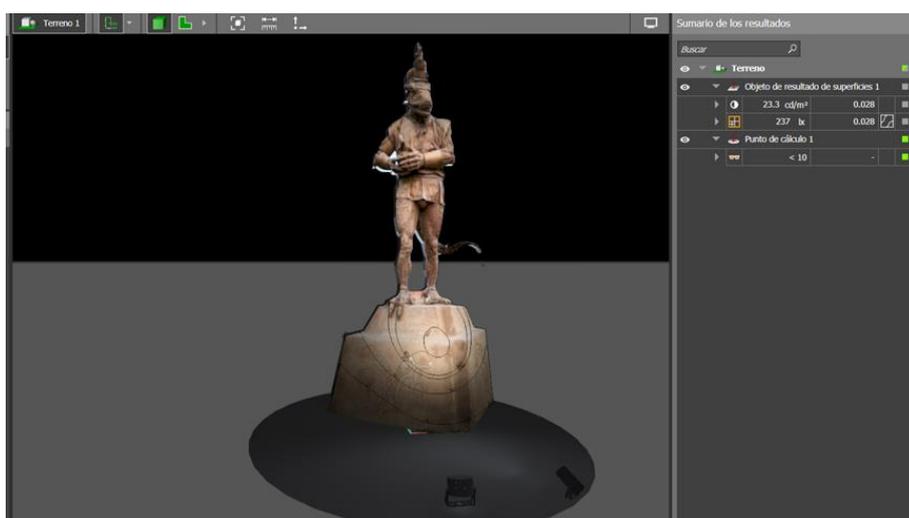
Parámetros de cálculos de la escultura 7



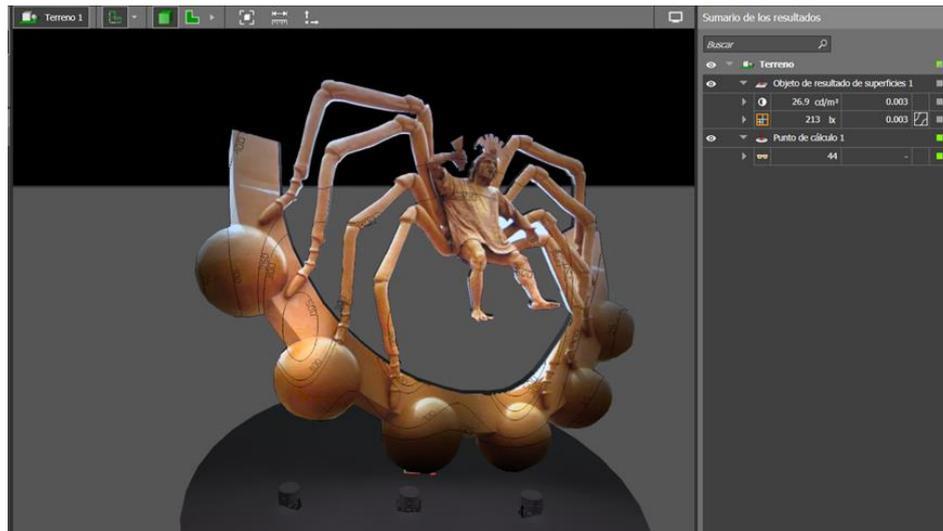
Parámetros de cálculos de la escultura 8



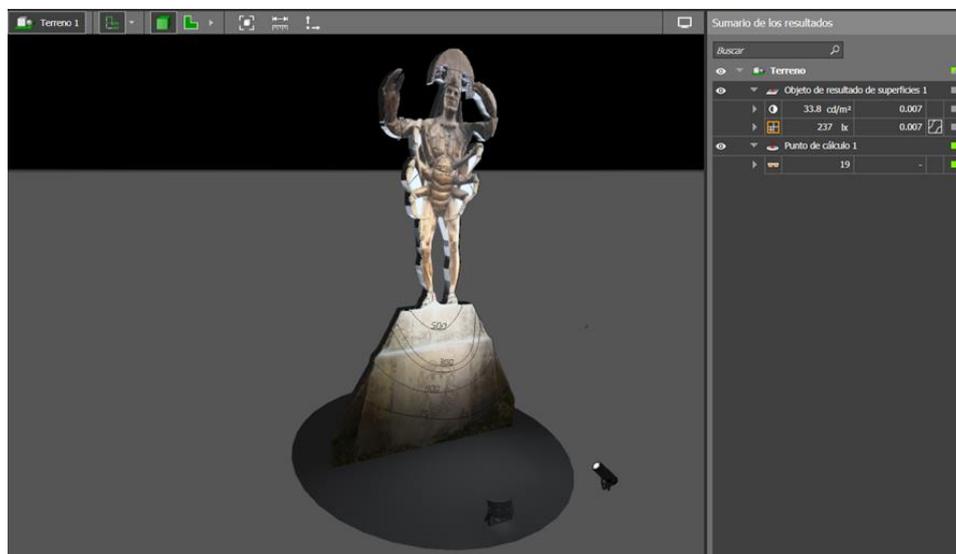
Parámetros de cálculos de la escultura 9



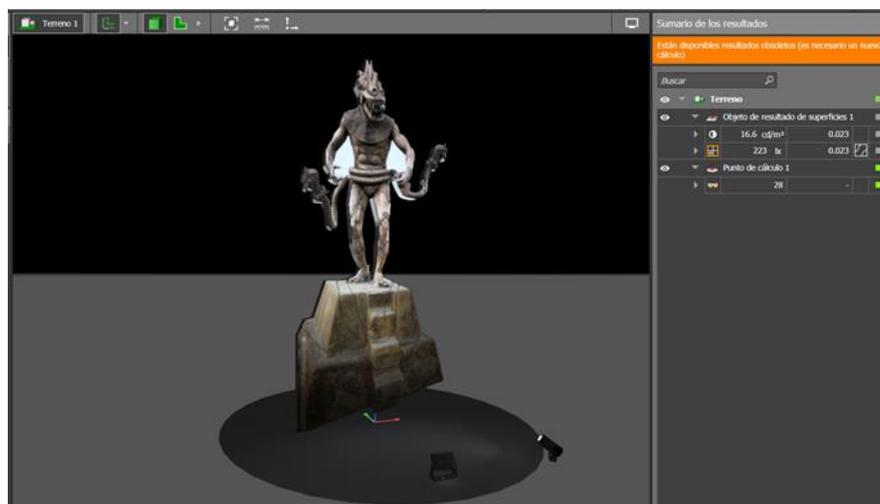
Parámetros de cálculos de la escultura 10



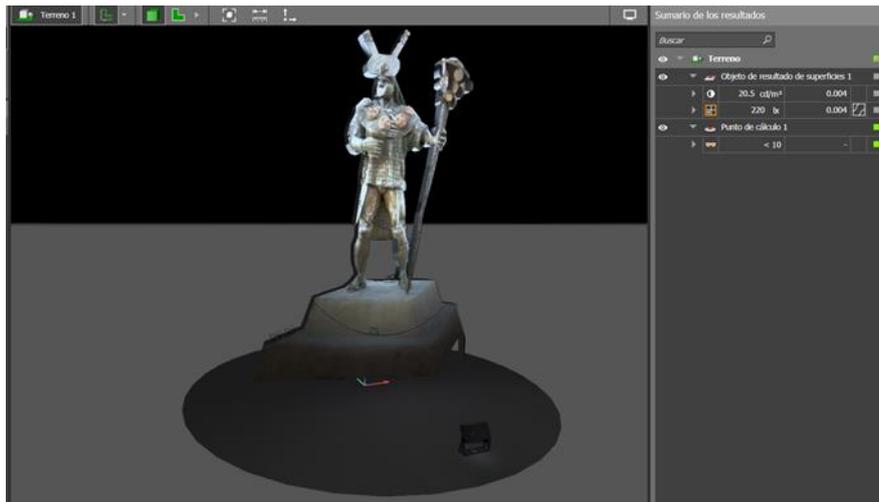
Parámetros de cálculos de la escultura 11



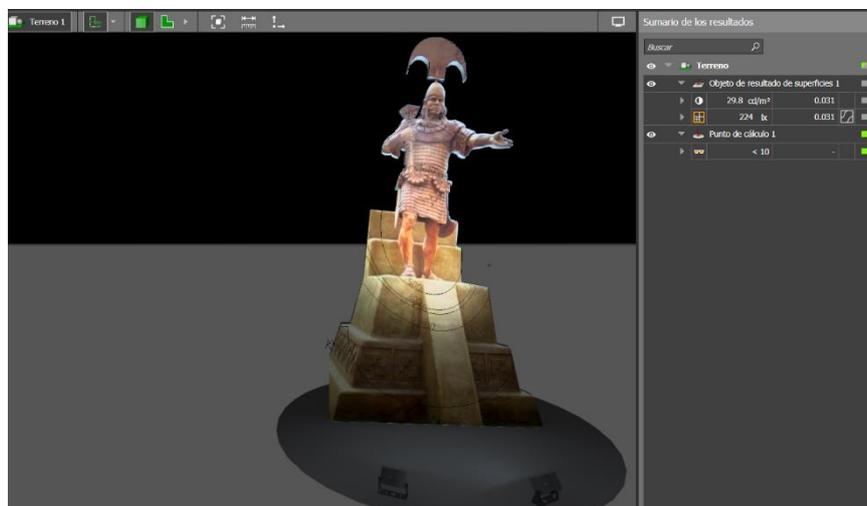
Parámetros de cálculos de la escultura 12



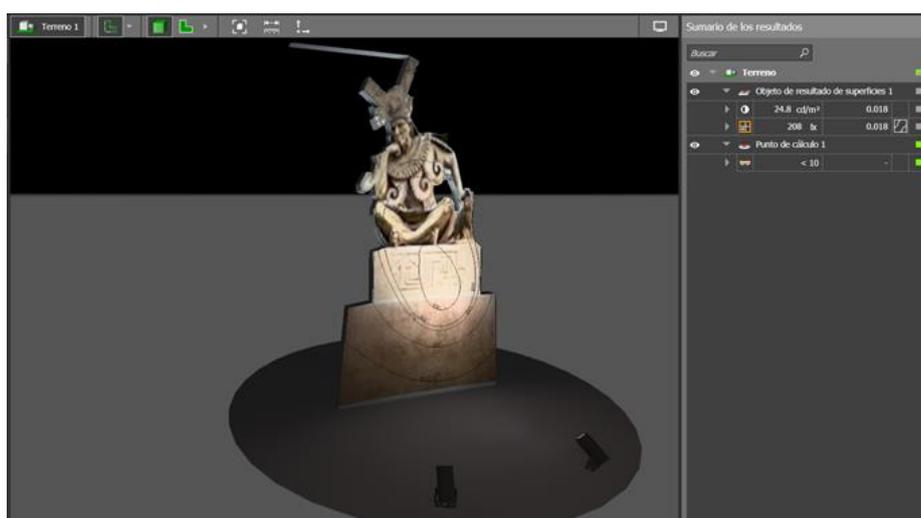
Parámetros de cálculos de la escultura 13



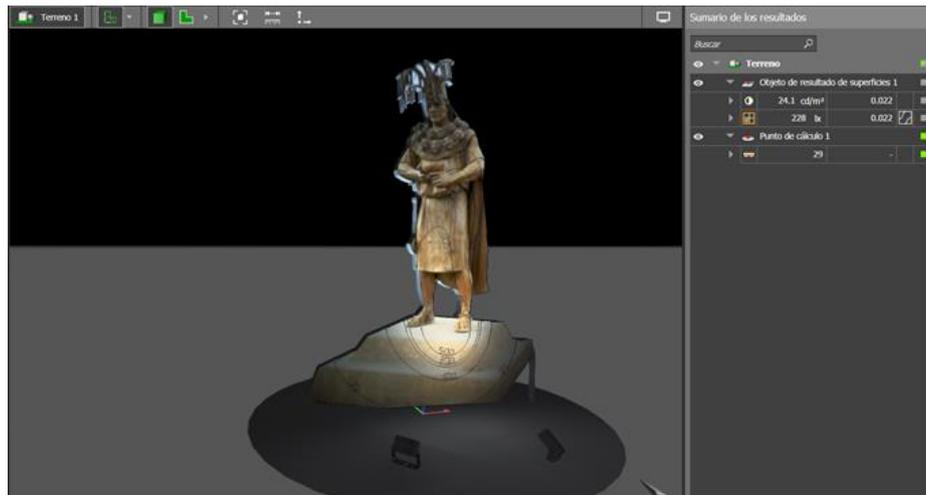
Parámetros de cálculos de la escultura 14



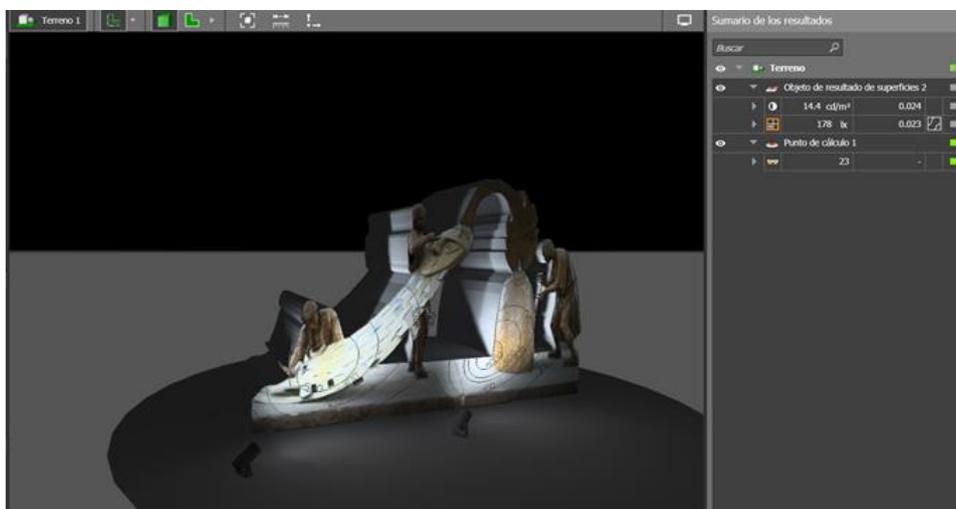
Parámetros de cálculos de la escultura 15



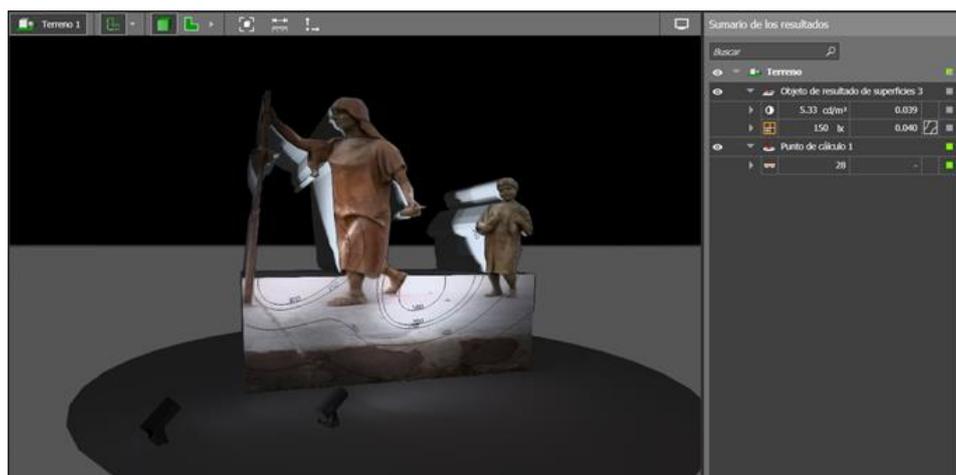
Parámetros de cálculos de la escultura 16



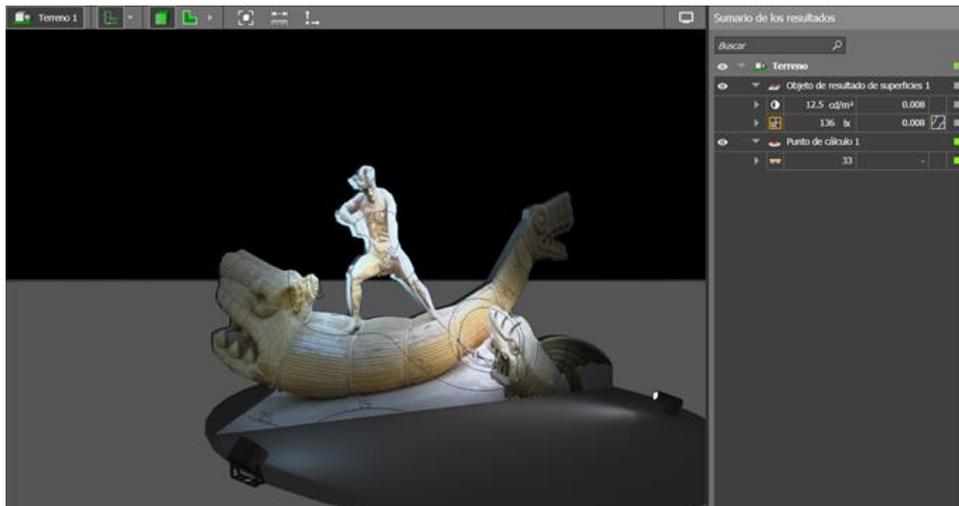
Parámetros de cálculos de la escultura 17



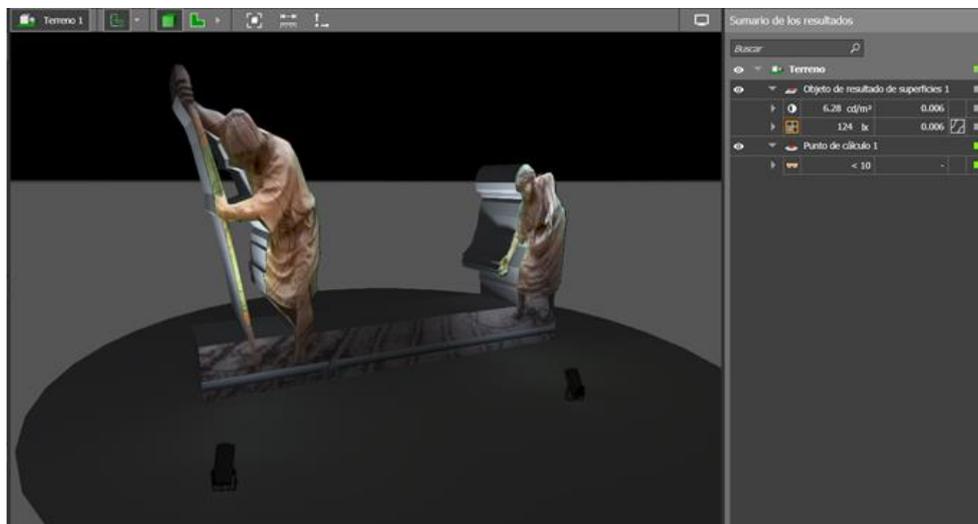
Parámetros de cálculos de la escultura 18



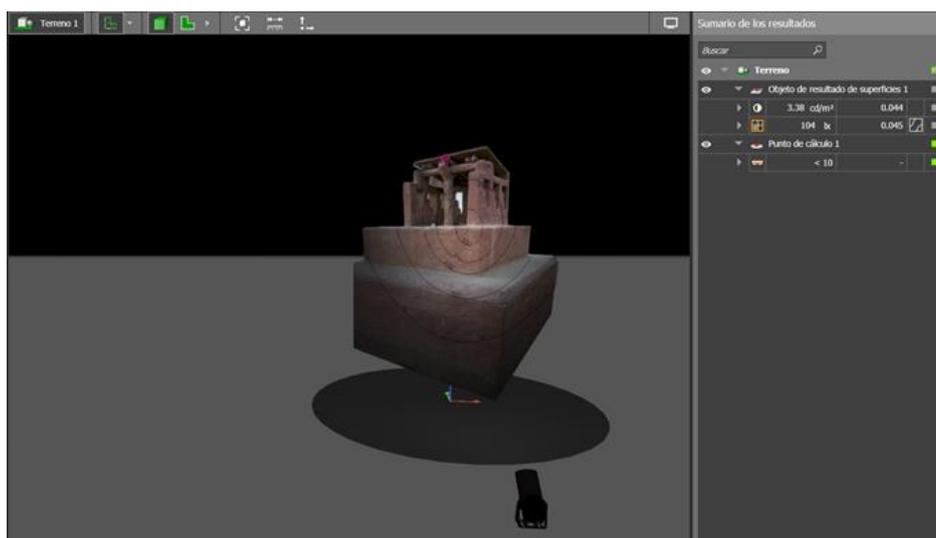
Parámetros de cálculos de la escultura 19



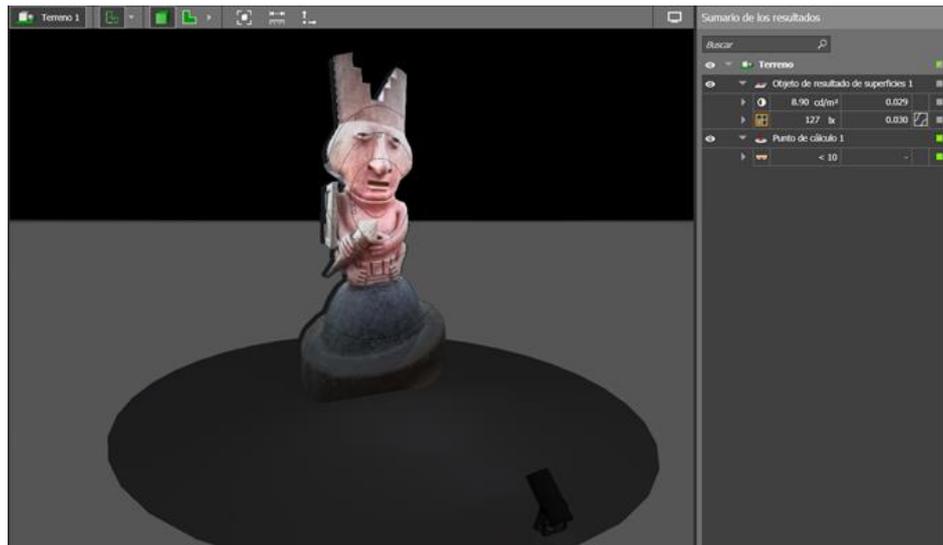
Parámetros de cálculos de la escultura 20



Parámetros de cálculos de la escultura 21



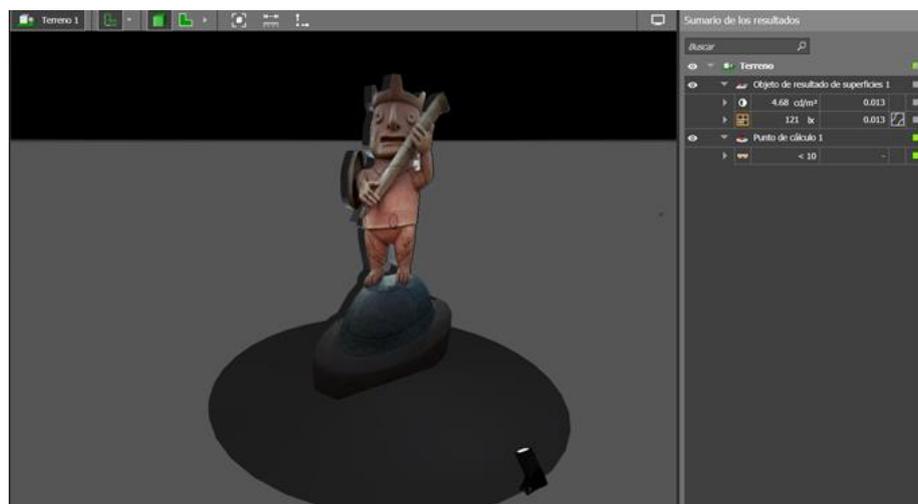
Parámetros de cálculos de la escultura 22



Parámetros de cálculos de la escultura 23



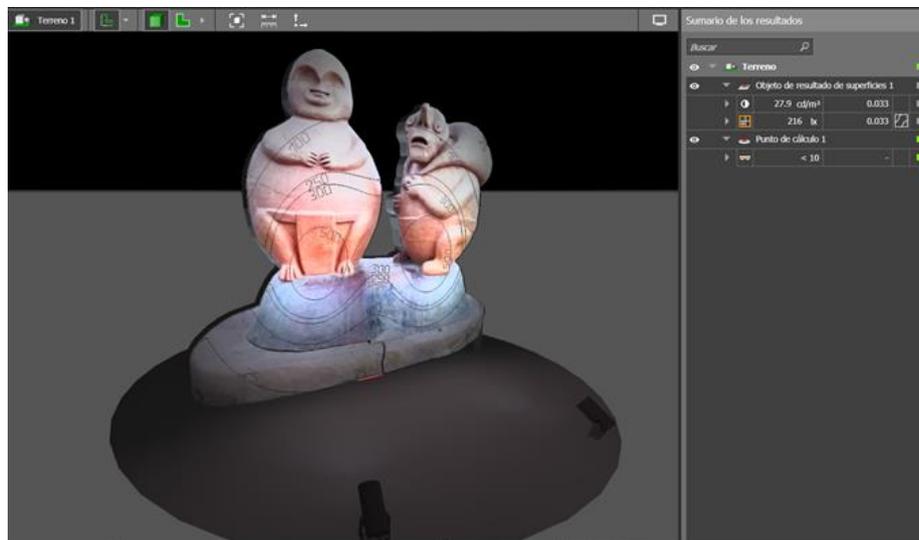
Parámetros de cálculos de la escultura 24



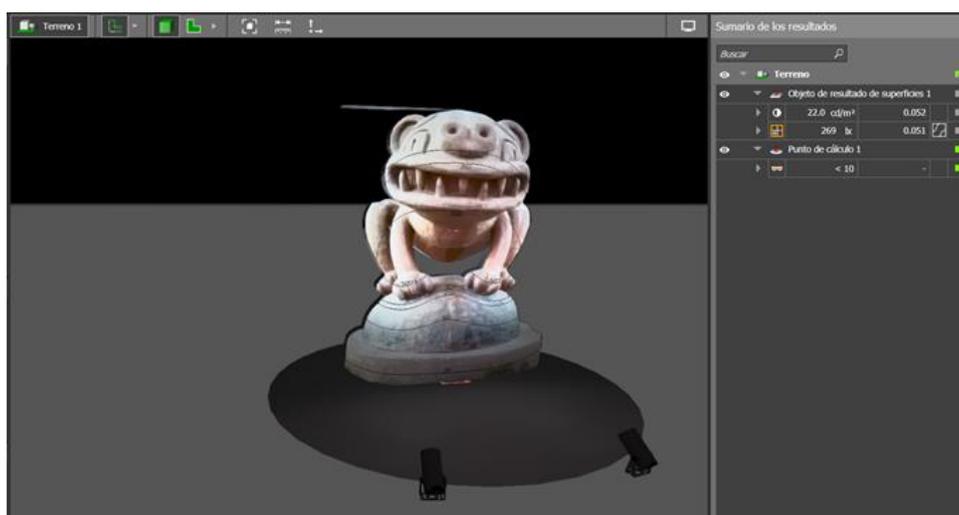
Parámetros de cálculos de la escultura 25



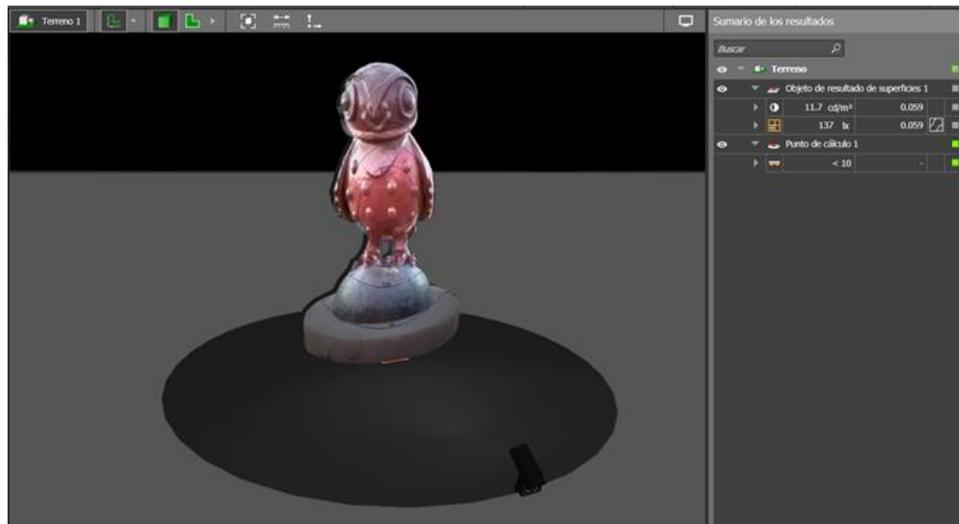
Parámetros de cálculos de la escultura 26



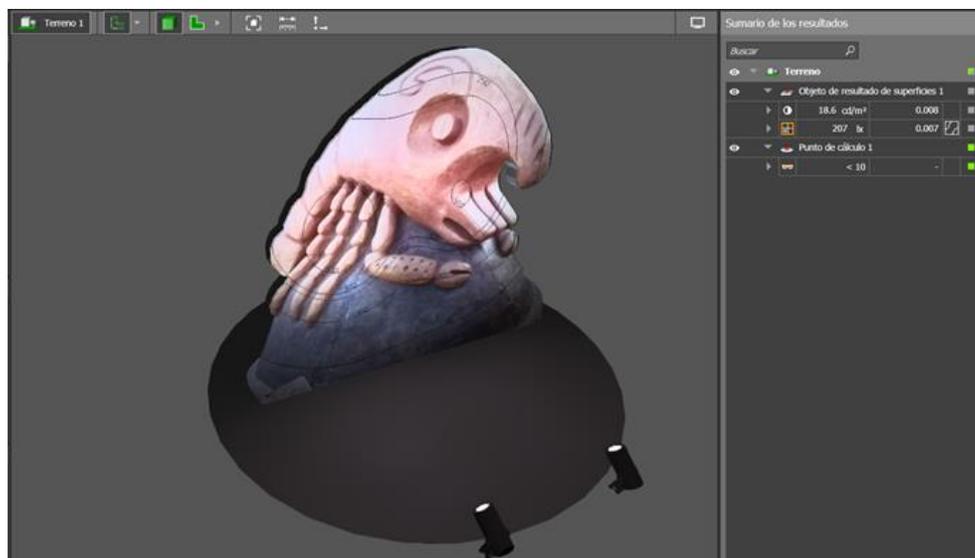
Parámetros de cálculos de la escultura 27



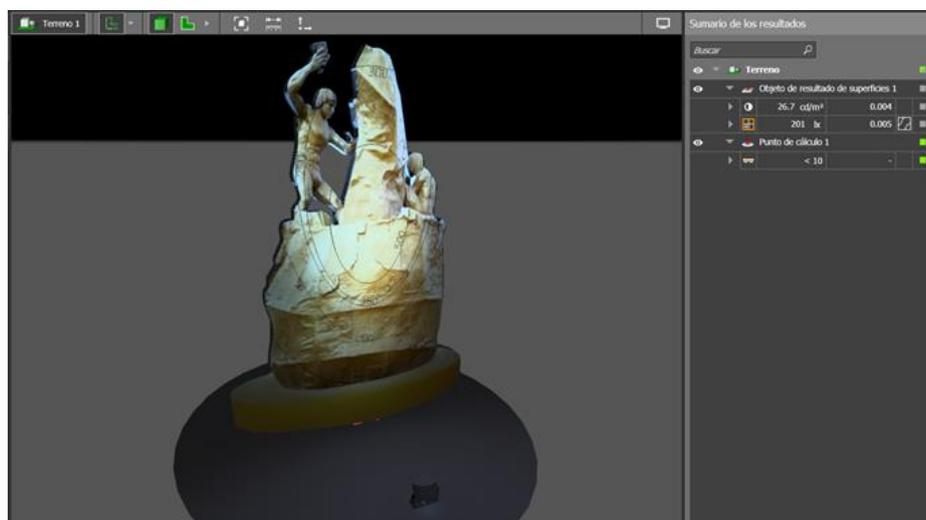
Parámetros de cálculos de la escultura 28



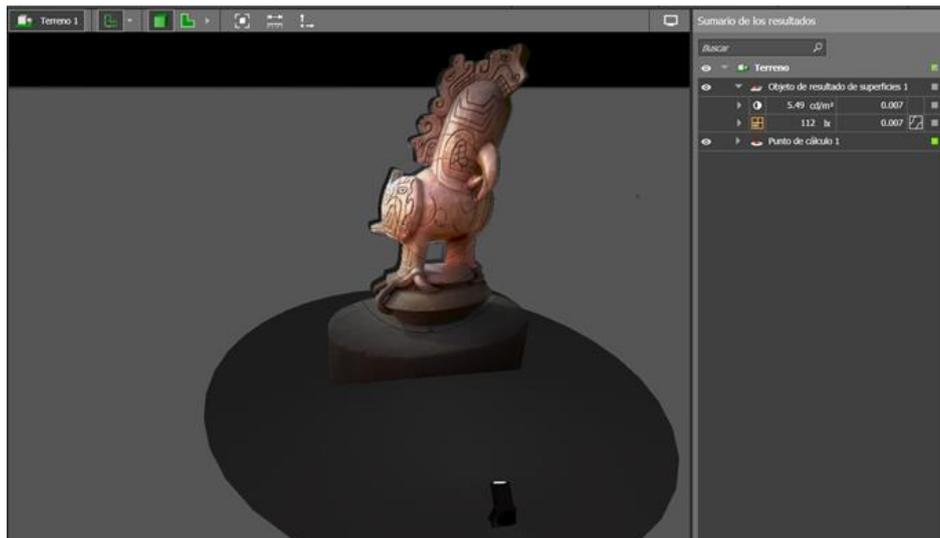
Parámetros de cálculos de la escultura 29



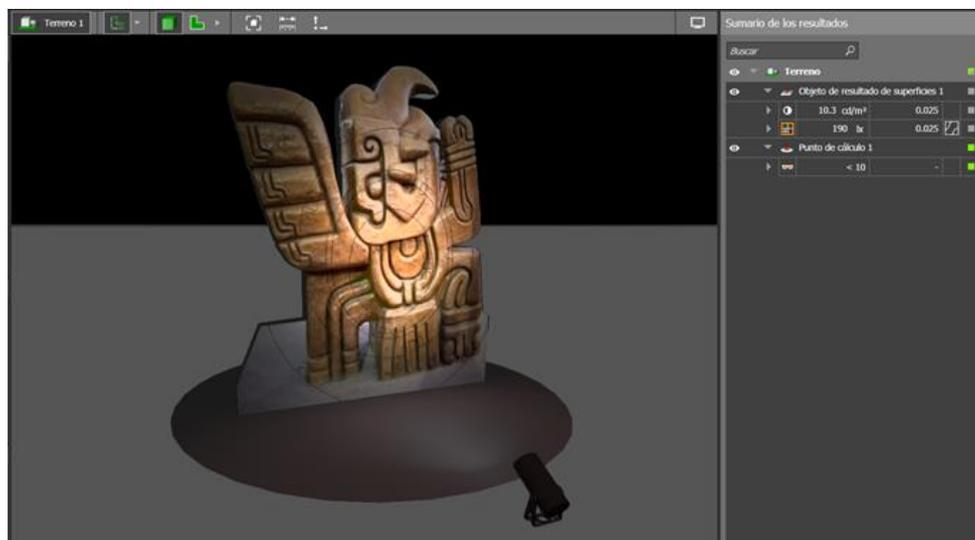
Parámetros de cálculos de la escultura 30



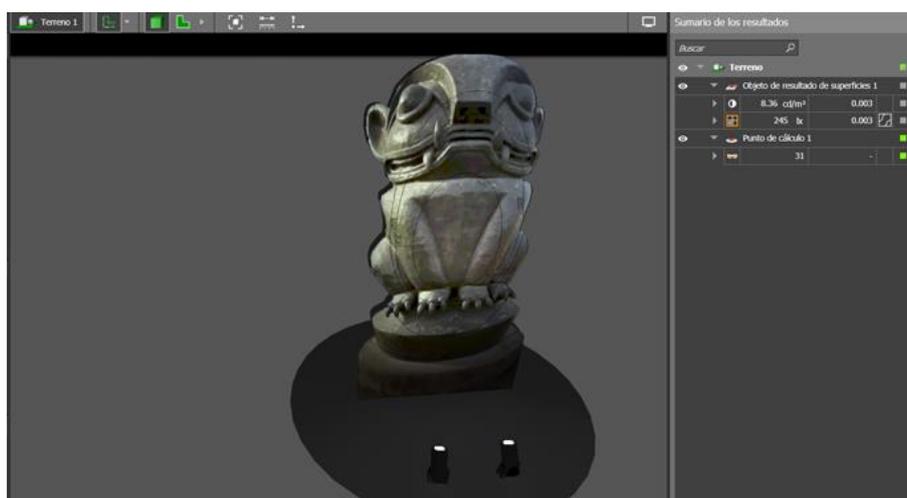
Parámetros de cálculos de la escultura 31



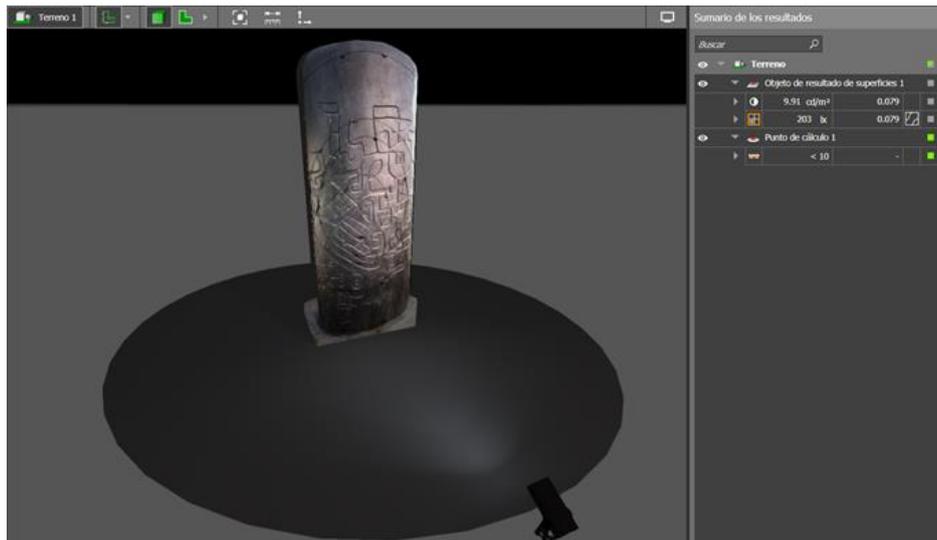
Parámetros de cálculos de la escultura 32



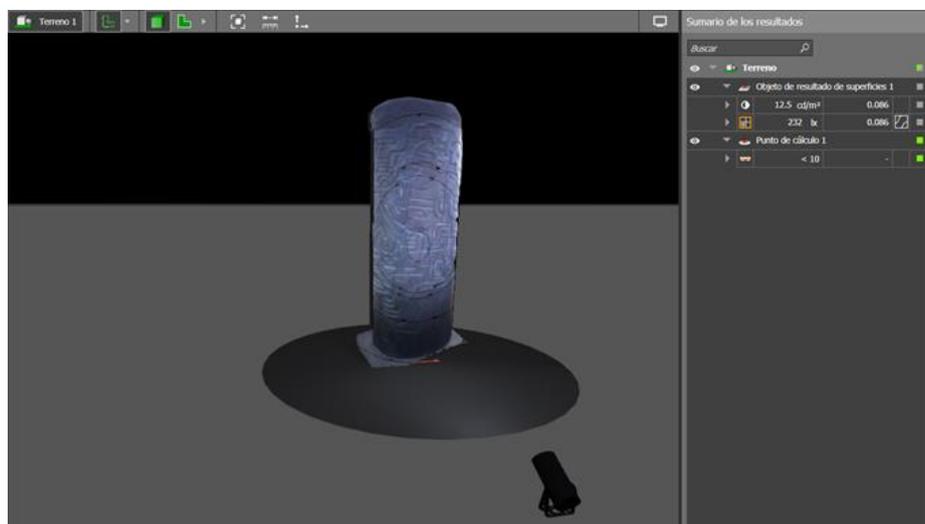
Parámetros de cálculos de la escultura 33



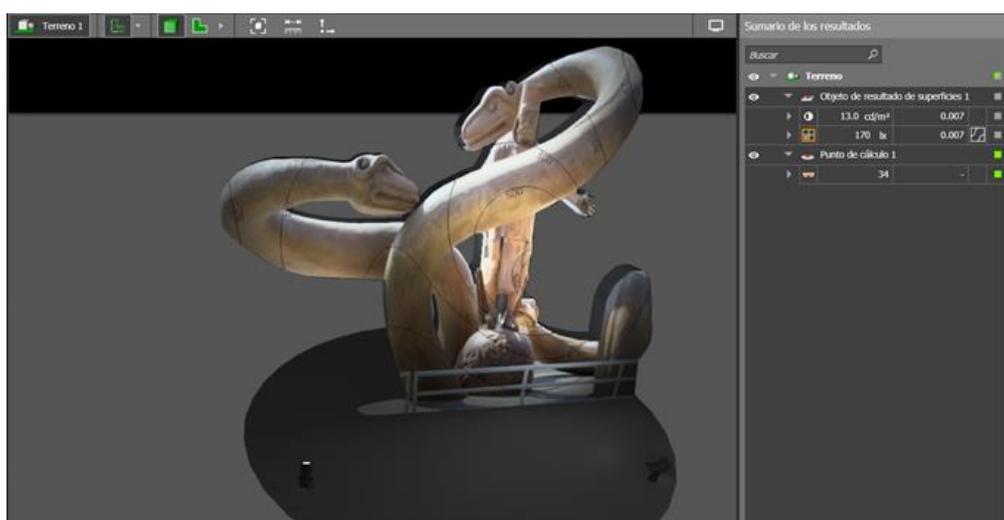
Parámetros de cálculos de la escultura 34



Parámetros de cálculos de la escultura 35



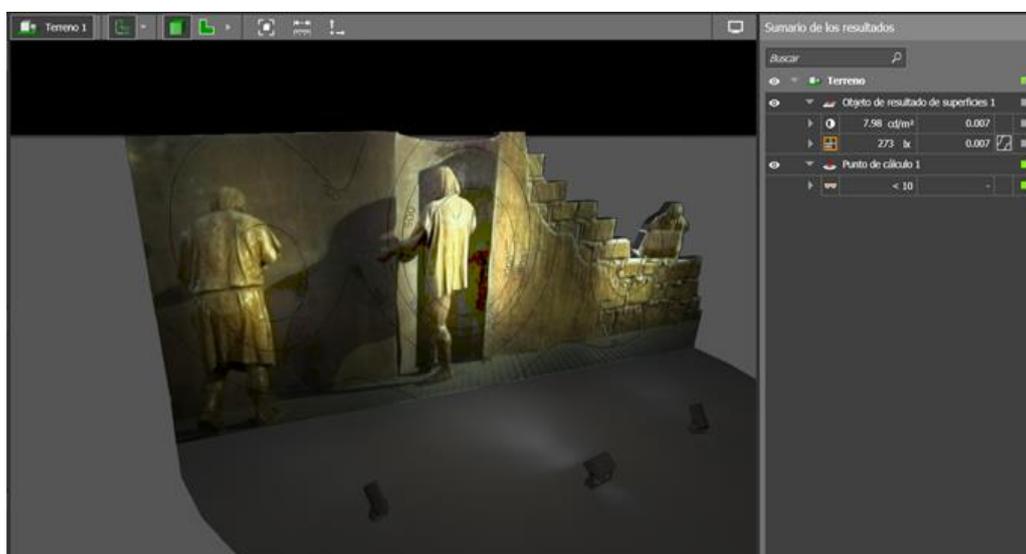
Parámetros de cálculos de la escultura 36



Parámetros de cálculos de la escultura 37



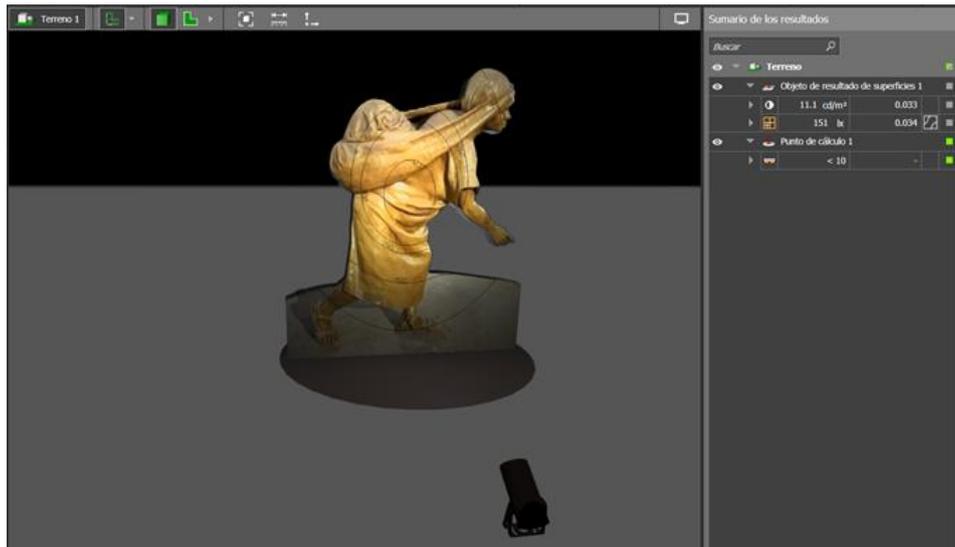
Parámetros de cálculos de la escultura 38



Parámetros de cálculos de la escultura 39



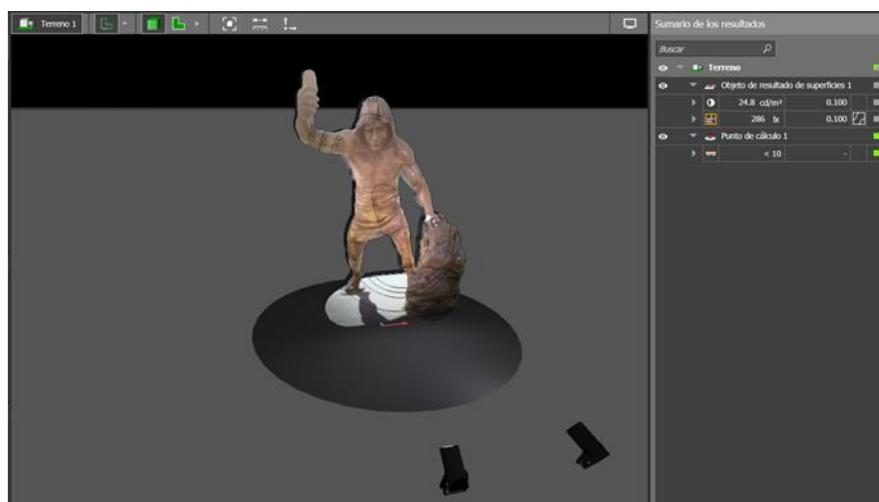
Parámetros de cálculos de la escultura 40



Parámetros de cálculos de la escultura 41



Parámetros de cálculos de la escultura 42

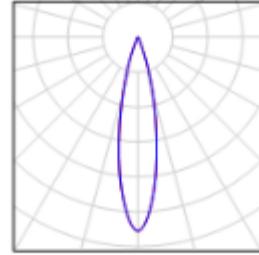


Parámetros de cálculos de la escultura 43

Anexo 6. Heper - LF8018.853 Punto-Flexo-9-Kinematic-3000K

Heper - LF8018.853 Punto-Flexo-9°-Kinematic-3000K
 Emisión de luz 1
 Lámpara: 1xLF8018_853_Punto_F_LED_3000K
 Fotometría absoluta
 Flujo luminoso de las luminarias: 1059 lm
 Potencia: 18.5 W
 Rendimiento lumínico: 57.3 lm/W

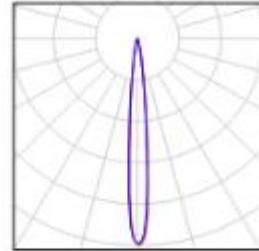
Indicaciones colorimétricas
 1xLF8018_853_Punto_F_LED_3000K: CCT 3000 K,
 CRI 84



Anexo 7. Heper - LF8017.693-7 Punto-Hybrid-S-7-Kinematic-3000K

Heper - LF8017.693-7 Punto-Hybrid-S-7°-Kinematic-3000K
 Emisión de luz 1
 Lámpara: 1xLF8017_693 Punto LED 3000K
 Fotometría absoluta
 Flujo luminoso de las luminarias: 600 lm
 Potencia: 9.0 W
 Rendimiento lumínico: 66.7 lm/W

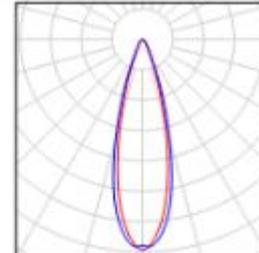
Indicaciones colorimétricas
 1xLF8017_693 Punto LED 3000K: CCT 3000 K, CRI 80



Anexo 8. Heper-LF8017.696 Punto-Hybrid-S-RGB-White-Kinematic

Heper - LF8017.696 Punto-Hybrid-S-RGB-White-Kinematic
 Emisión de luz 1
 Lámpara: 1xLF8017_693 Punto S LED RGD White
 Fotometría absoluta
 Flujo luminoso de las luminarias: 497 lm
 Potencia: 9.5 W
 Rendimiento lumínico: 52.3 lm/W

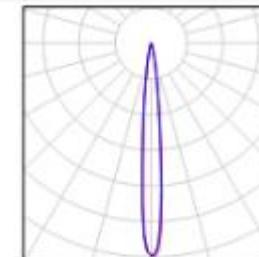
Indicaciones colorimétricas
 1xLF8017_693 Punto S LED RGD White: CCT 2819 K,
 CRI 100



Anexo 9. Heper-LF8019.698-7 Punto-Hybrid-L-7-Kinematic-3000K

Heper - LF8019.698-7 Punto-Hybrid-L-7°-Kinematic-3000K
 Emisión de luz 1
 Lámpara: 1xLF8019_698_Punto_L_LED_3000K
 Fotometría absoluta
 Flujo luminoso de las luminarias: 4325 lm
 Potencia: 58.0 W
 Rendimiento lumínico: 74.6 lm/W

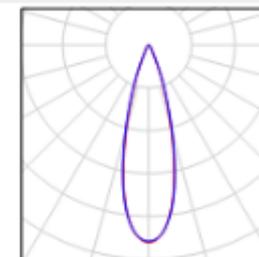
Indicaciones colorimétricas
 1xLF8019_698_Punto_L_LED_3000K: CCT 3000 K,
 CRI 80



Anexo 10. Heper-LF8018.696 Punto-RGB-White-Kinematic

Heper - LF8018.696 Punto-RGB-White-Kinematic
 Emisión de luz 1
 Lámpara: 1xLF8018_696_RGB_White LED
 Fotometría absoluta
 Flujo luminoso de las luminarias: 2501 lm
 Potencia: 26.2 W
 Rendimiento lumínico: 95.5 lm/W

Indicaciones colorimétricas
 1xLF8018_696_RGB_White LED: CCT 2819 K, CRI 100



Anexo 11. Localización de las estatuas en el paseo Yortuque 2 Etapa.**Anexo 12. Localización de las estatuas en el paseo Yortuque 3 Etapa.**

Anexo 13. Catálogo Btcino de interruptores

INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS BTDIN^{NEW}

INTERRUPTORES DIFERENCIALES BTDIN^{NEW}



Poder de corte: 6000A IEC 60898-1:92 / 10 000 A a 220 V
 Conexión por bornes protegidas contra los contactos directos (IP20)
 Tornillos imperdibles
 Portaetiquetas incorporado
 Capacidad de embornamiento:
 25mm² flexible / 35 mm² rígido

Conforme a la norma IEC 61008-1:96
 Tornillos imperdibles
 Portaetiquetas incorporado
 Capacidad de embornamiento:
 25mm² flexible / 35 mm² rígido

Artículo	INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS	
	Bipolar - 230/400 Va.c.	
	In (A)	Nº de módulos
FN820YC6	6	2
FN820YC10	10	2
FN820YC16	16	2
FN820YC20	20	2
FN820YC25	25	2
FN820YC32	32	2
FN820YC40	40	2
FN820YC50	50	2
FN820YC63	63	2

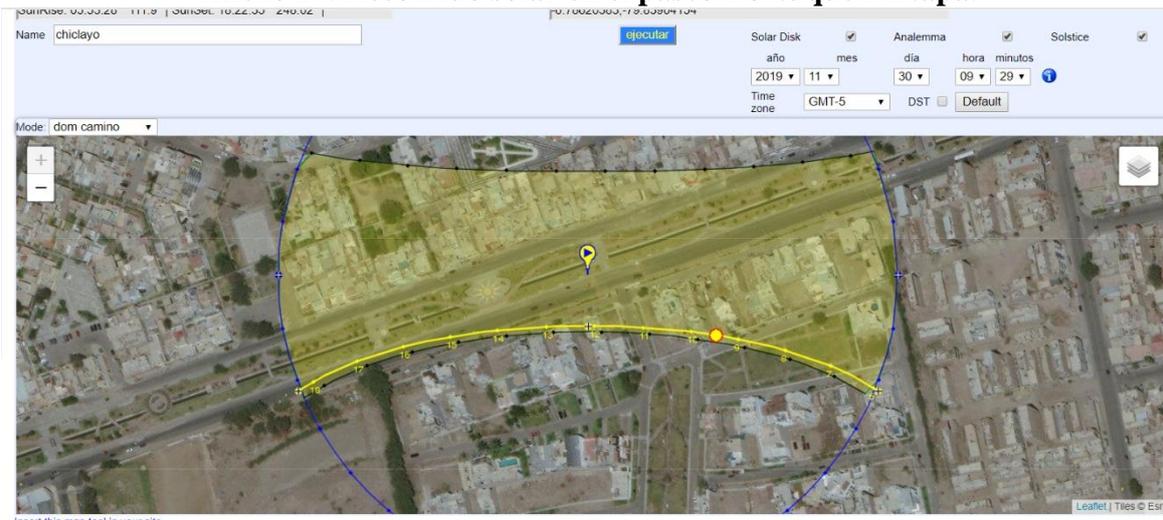
Artículo	INTERRUPTORES DIFERENCIALES	
	Bipolar - 230/400 Va.c. IΔN=0.03A	
	In (A)	Nº de módulos
G7230AC25	25	2
G7230AC40	40	2
G7230AC63	63	2

Artículo	INTERRUPTORES DIFERENCIALES	
	Tetrapolar - 230/400 Va.c. IΔN=0.03A	
	In (A)	Nº de módulos
G7430AC25	25	4
G7430AC40	40	4

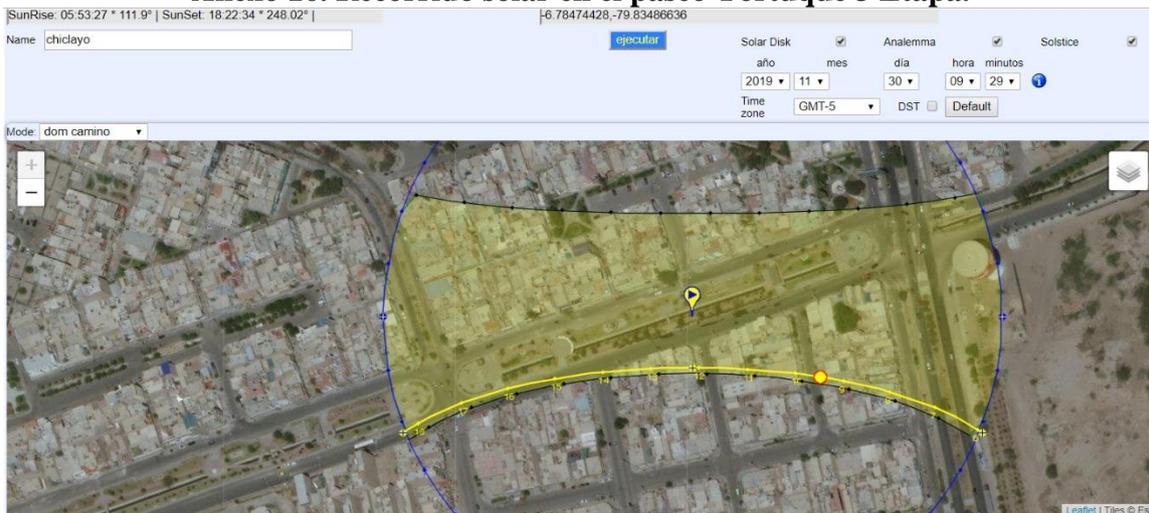
Anexo 14. Tipos de cables seleccionados

Calibre	Ohms al neutro / km													
	Reactancia inductiva (X _L) para todos los conductores Ohm/km		Resistencia a la c.a. a 75°C de conductores de cobre Ohm / km			Resistencia a la c.a. a 75°C de conductores de aluminio Ohm / km			Impedancia (Z) de conductores de cobre fp=0,9 Ohm / km			Impedancia (Z) de conductores de aluminio fp=0,9 Ohm / km		
	AWG o kcmil	Conduit de PVC o aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de aluminio
14	0.190	0.240	10.2	10.2	10.2	—	—	—	9.3	9.3	9.3	—	—	—
12	0.177	0.223	6.6	6.6	6.6	—	—	—	6.0	6.0	6.0	—	—	—
10	0.164	0.207	3.9	3.9	3.9	—	—	—	3.6	3.6	3.6	—	—	—
8	0.171	0.213	2.56	2.56	2.56	—	—	—	2.38	2.38	2.40	—	—	—
6	0.167	0.210	1.61	1.61	1.61	2.66	2.66	2.66	1.52	1.52	1.54	2.47	2.47	2.49
4	0.157	0.197	1.02	1.02	1.02	1.67	1.67	1.67	0.99	0.99	1.00	1.57	1.57	1.59
2	0.148	0.187	0.62	0.66	0.66	1.05	1.05	1.05	0.62	0.66	0.68	1.01	1.01	1.03
1/0	0.144	0.180	0.39	0.43	0.39	0.66	0.69	0.66	0.41	0.45	0.43	0.66	0.68	0.67
2/0	0.141	0.177	0.33	0.33	0.33	0.52	0.52	0.52	0.36	0.36	0.37	0.53	0.53	0.55
3/0	0.138	0.171	0.253	0.269	0.259	0.43	0.43	0.43	0.288	0.302	0.308	0.45	0.45	0.46
4/0	0.135	0.167	0.203	0.22	0.207	0.33	0.36	0.33	0.242	0.257	0.259	0.36	0.38	0.37
250	0.135	0.171	0.171	0.187	0.177	0.279	0.295	0.282	0.213	0.227	0.234	0.310	0.324	0.328
300	0.135	0.167	0.144	0.161	0.148	0.233	0.249	0.236	0.188	0.204	0.206	0.269	0.283	0.285
350	0.131	0.164	0.125	0.141	0.128	0.200	0.217	0.207	0.170	0.184	0.187	0.237	0.252	0.258
400	0.131	0.161	0.108	0.125	0.115	0.177	0.194	0.180	0.154	0.170	0.174	0.216	0.232	0.232
500	0.128	0.157	0.089	0.105	0.095	0.141	0.157	0.148	0.136	0.150	0.154	0.183	0.197	0.202
600	0.128	0.157	0.075	0.092	0.082	0.118	0.135	0.125	0.123	0.139	0.142	0.162	0.177	0.181
750	0.125	0.157	0.062	0.079	0.069	0.095	0.112	0.102	0.110	0.126	0.131	0.140	0.155	0.160
1000	0.121	0.151	0.049	0.062	0.059	0.075	0.089	0.082	0.097	0.109	0.119	0.120	0.133	0.140

Anexo 15. Recorrido solar en el paseo Yortuque 2 Etapa.



Anexo 16. Recorrido solar en el paseo Yortuque 3 Etapa.



Anexo 18. Estructura Monoposte Regulable 2x2 paneles

CARGAS Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Peso propio paneles	121 N/m ²
Sobrecarga de uso	No está prevista ni para mantenimiento
Normativa de viento	Eurocódigo 1
V _{max}	75 km/h (para mayores velocidades dejar los módulos en modo protección)
Carga de Nieve	100 N/m ²
MATERIALES	
Tornillería	Tornillería acero Inoxidable A2-70
Normativa tornillería	DIN/ISO 4755 - DIN/ISO 3269 - DIN/ISO 3505 - DIN/ISO 8992 -DIN 267
Par de Apriete	Tornillo M8 Allen 12 Nm Tornillo M8 Hexagonal 20 Nm Tornillo M10 Hexagonal 40 Nm Tornillo M6.3 Hexagonal 10 Nm
Aluminio	EN AW 6005A T6
Normativa aluminio	Comp. Química: S/EN573-3 Características Mecánicas: S/EN755-2 Tolerancias: U.N.E.-EN 755-9:2001
Acero	Acero pintado S-235 o superior
<p>Cláusulas:</p> <p>(1) Se deberán respetar todas las recomendaciones indicadas en los planos de montaje.</p> <p>(2) Se debe comprobar que los puntos de anclaje para los módulos son compatibles con las especificaciones del fabricante.</p> <p>(3) Los dimensionales de las zapatas se han obtenido para un valor arbitrario de terreno $\sigma = 2,5 \text{ kg/cm}^2$.</p> <p>(4) Se deberán realizar los ensayos necesarios para obtener las características resistencias al terreno. Estos deberán ser obtenidos por el cliente o bajo su responsabilidad.</p> <p>(5) La circulación, dependiendo de la disponibilidad y variabilidad de terreno, está sujeta a cambios bajo supervisión de técnico competente.</p> <p>Nos reservamos el derecho a realizar modificaciones en el producto en cualquier momento sin aviso previo si desde nuestro punto de vista son necesarias para la mejora de la calidad. Las ilustraciones pueden ser sólo ejemplos y, por tanto, la imagen que aparece puede diferir del producto suministrado.</p>	

Anexo 19. Estructura Con Poste 1 Panel 18H1-15°

CARGAS Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
Peso propio paneles	121 N/m ²			
Sobrecarga de uso	No está prevista ni para mantenimiento			
Normativa de viento	29 m/s	Período retorno	10 años	Altura máxima 5 m
V _{max}	III. Áreas con recubrimiento regular de vegetación o edificios u obstáculos aislados con separación máxima de 20 veces la altura del obstáculo (por ejemplo, pueblos, terreno suburbano, bosques)			
Categoría del terreno				
Nieve	-			
Carga de Nieve	100 N/m ²			
MATERIALES				
Tornillería	Tornillería acero Inoxidable A2-70			
Normativa tornillería	DIN/ISO 4759 - DIN/ISO 3269 - DIN/ISO 3506 - DIN/ISO 8992 -DIN 267			
Par de Apriete	Tornillo M8 Allen 12 Nm Tornillo M8 Hexagonal 20 Nm Tornillo M10 Hexagonal 40 Nm Tornillo M6.3 Hexagonal 10 Nm			
Aluminio	EN AW 6005A T6. Aluminio Crudo			
Normativa aluminio	Norma de cálculo aluminio: Eurocodigo 9 Combinación de acciones según norma: Eurocodigo 9 Comp. Química: S/EN573-3 Características Mecánicas: S/EN755-2 Tolerancias: U.N.E.-EN 755-9:2001			
Acero	Acero Galvanizado en Caliente S-235 o superior			
Normativa acero	Norma de acero conformado: Eurocódigos 3 y 4 Norma de acero laminado: Eurocódigos 3 y 4 Combinación de acciones: Eurocodigo 9 UNE -EN 1179- UNE 37501 - UNE-EN-ISO 1461 - UNE-EN-ISO 14713			
<p>Cláusulas:</p> <p>(1) Se deberán respetar todas las recomendaciones indicadas en los planos de montaje.</p> <p>(2) Se debe comprobar que los puntos de anclaje para los módulos son compatibles con las especificaciones del fabricante.</p> <p>Nos reservamos el derecho a realizar modificaciones en el producto en cualquier momento sin aviso previo si desde nuestro punto de vista son necesarias para la mejora de la calidad. Las ilustraciones pueden ser sólo ejemplos y, por tanto, la imagen que aparece puede diferir del producto suministrado. Nos reservamos el derecho a cometer errores y no nos responsabilizamos de los errores de impresión.</p>				

Anexo 20. Batería GEL 12V 300Ah Tensite

TECHNICAL SPECIFICATIONS

BATTERY MODEL	Nominal voltage		12V	
	Rated capacity (100 hour rate)		300Ah	
DIMENSION	Cells Per battery		6	
	Length 520 mm	Width 268 mm	Height 220 mm	Total Height 225 mm
APPROX. WEIGHT	67.0 kg \pm 3%			
CAPACITY @ 25°C	10 hour rate (25.0A)	5 hour rate (43.7A)	3 hour rate (66.2A)	1 hour rate (161.5A)
	250.0 Ah	218.7 Ah	198.7 Ah	161.5 Ah
MAX. DISCHARGE CURRENT	2000 A (5 sec.)			
INTERNAL RESISTANCE	Full charged Vat 25°C: Approx. 2.0m Ω			
CAPACITY AFFECTED BY TEMP. (10 HR)	40°C	25°C	0°C	
	103%	100%	86%	
CHARGE METHOD @25°C	Cycle Use 14.4-15.0V (Initial charging current less than 27A)		Standby Use 13.50-13.80V	

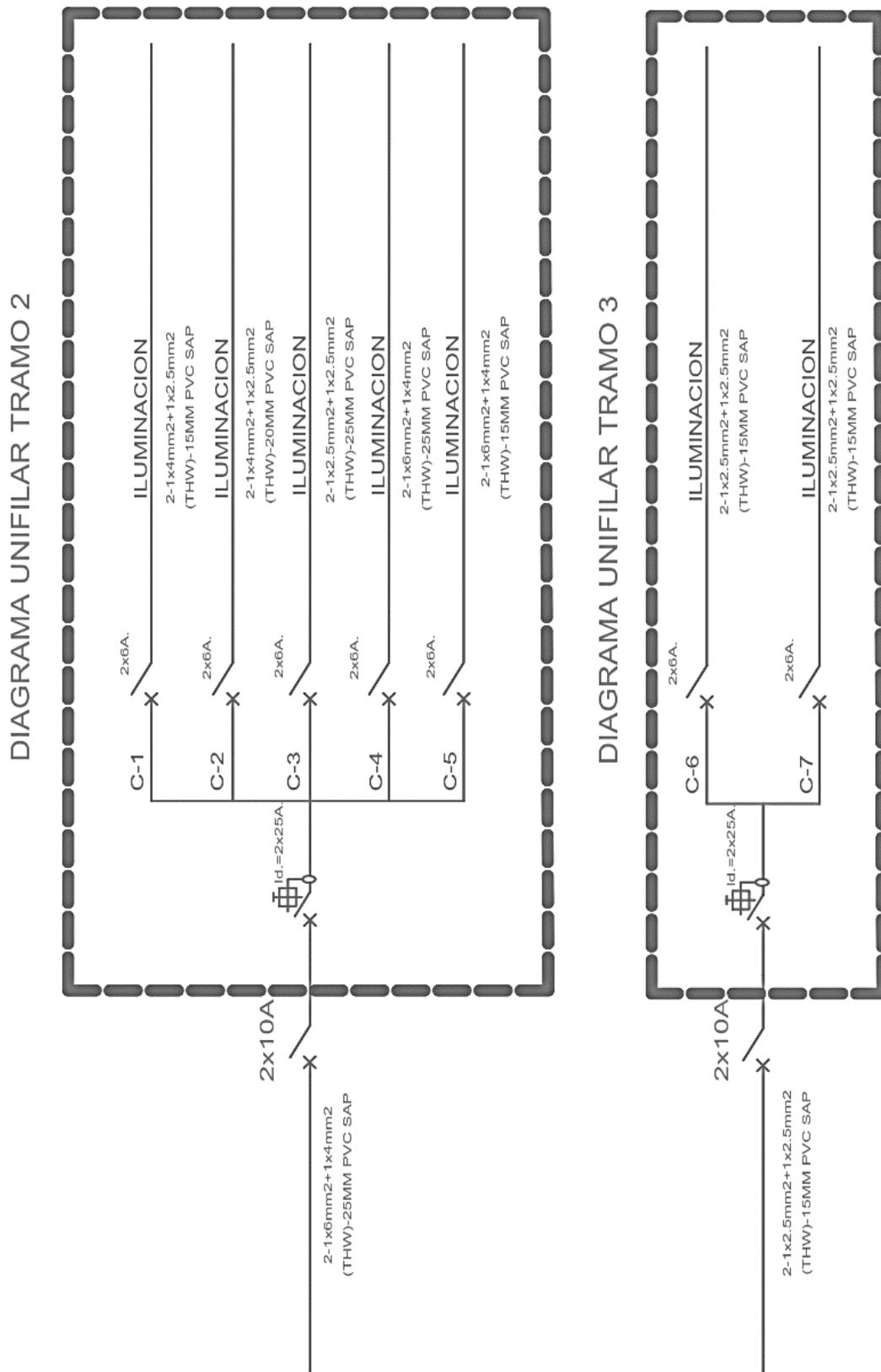
Anexo 21. Inversor Cargador 3000W 24V MPPT 80A Must Solar VHM

MODEL	PV18-2024 VHM	PV18-3024 VHM	PV18-3048 VHM	PV18-4048 VHM	PV18-5048 VHM	PV18-5548 VHM
Nominal Battery System Voltage	24VDC			48VDC		
INVERTER OUTPUT	Rated Power	2000W	3000W	3000W	4000W	5500W
	Surge Power	4000W	6000W	6000W	8000W	11000W
	Waveform	Pure Sine Wave				
	AC Voltage Regulation (Batt. Mode)	(220VAC~240VAC) \pm 5%				
	Inverter Efficiency(Peak)	93%				
	Transfer Time	10ms (For Personal Computers) 20ms (For Home Appliance)				
AC INPUT	Voltage	230VAC				
	Selectable Voltage Range	170~280VAC(For personal computer) \ 90~280VAC(For Home Appliance) \ 184~253VAC(VDE4105)				
	Frequency Range	50Hz/60Hz(Auto sensing)				
BATTERY	Normal Voltage	24VDC	48VDC			
	Floating Charge Voltage	27VDC	54VDC			
	Overcharge Protection	31VDC	60VDC			
SOLAR CHARGER & AC CHARGER	Maximum PV Array Open Circuit Voltage	145VDC				
	PV Array MPPT Voltage Range	30~130VDC	64~130VDC			
	Standby Power Consumption	2W				
	PV Input Power	1440W/1920W	2880W/3840W			
	Maximum Solar Charge Current	60A/80A				
	Maximum Efficiency	98%				
	Maximum AC Charge Current	20A/30A	60A			
MECHANICAL SPECIFICATIONS	Machine Dimensions(W*H*D)(mm)	272*355*100	297.5*468*125			
	Package Dimensions(W*H*D)(mm)	540*395*241	638*395*241			
	Net Weight(kg)	10	11	13.3		
	Gross Weight(kg)	11.7	12	16.4		
OTHER	Humidity	5% to 95% Relativ Humidity (Non-condensing)				
	Operating Temperature	0°C ~55°C				
	Storage Temperature	-15°C ~60°C				

Anexo 22. Inversor Cargador 1000W 12V MPPT 60A VPM Must Solar

MODEL		PV18-1012 VPM	PV18-2024 VPM	PV18-3024 VPM	PV18-3048 VPM	PV18-4048 VPM	PV18-5048 VPM
Default Battery System Voltage		12VDC	24VDC		48VDC		
INVERTER OUTPUT	Rated Power	1000VA / 1000W	2000VA / 2000W	3000VA / 3000W	3000VA / 3000W	4000VA / 4000W	5000VA / 5000W
	Surge Power	2000VA	4000VA	6000VA	6000VA	8000VA	10000VA
	Waveform	Pure sine wave					
	AC Voltage Regulation (Batt.Mode)	220VAC~240VAC(Setting)					
	Inverter Efficiency(Peak)	90%~93%					
	Transfer Time	10ms(UPS / VDE4105) / 20ms(APL)					
AC INPUT	Voltage	230VAC					
	Selectable Voltage Range	170~280VAC(UPS) / 90~280VAC(APL) / 184~253VAC(VDE)					
	Frequency Range	50Hz / 60Hz (Auto sensing)					
BATTERY	Normal voltage	12VDC	24VDC		48VDC		
	Floating Charge Voltage	13.7VDC	27.4VDC		54.8VDC		
	Overcharge Protection	15VDC	30VDC		60VDC		
SOLAR CHARGER & AC CHARGER*	Maximum PV Array Open Circuit Voltage	105VDC	145VDC		145VDC		
	PV Array MPPT Voltage Range	15~105VDC	30~120VDC		60~130VDC		
	Standby Power Consumption	2W					
	Maximum PV Array Power	720W	1500W		4000W		
	Maximum Solar Charge Current	60A			80A		
	Maximum Efficiency	98%					
	Maximum AC Charge Current	10A or 20A	20A or 30A		60A		
	Maximum Charge Current	70A	80A		140A		
MECHANICAL SPECIFICATIONS	Machine Dimensions (W*H*D)(mm)	224*337*98	290*342*125		297.5*468*125		
	Package Dimensions (W*H*D)(mm)	299*392*184	408*412*240		638*395*241		
	Net Weight(kg)	5	7.4		12		
	Gross Weight(kg)	5.5	9.5		13.5		
OTHER	Humidity	5% to 95% Relativ Humidity (Non-condensing)					
	Operating Temperature	0°C~50°C					
	Storage Temperature	-15°C -60°C					

Anexo 23. Diagrama unifilar del diseño lumínico del paseo Yortuque 2 y 3 Etapa



Anexo 24. Localización de las estatuas y luminarias a implementar para el diseño lumínico del paseo Yortuque 2 y 3 Etapa en plano AutoCAD

Anexo 25. AHC15D Interruptor horario digital semanal

Voltaje	85~265V AC
Frecuencia	50~60Hz
Terminal	5
Capacidad de conmutación	16A
Carga de lámpara fluorescente (convencional) no corregida	650VA
Carga de lámpara fluorescente (convencional) corregida en serie	1000VA
Carga de lámpara fluorescente (convencional) corregida en paralelo	730 VA 80 μ F
Intervalo mínimo	1 Min.
Precisión de tiempo a 25 °C	$\leq \pm 2$ seg./dia (quartz)
Reserva de energía	5 años aproximadamente
Carcasa y material aislante	Termoplástico autoextinguible
Tipo de protección	IP 20
Clase de protección	II de acuerdo a EN 60 730-1
Temperatura de trabajo permitida	-10 ~ +50°C (no hielo)
Test aprobado	CE