

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

DISEÑO DE SISTEMA DE SEGURIDAD PERIMETRAL PARA GRANJA SOLAR

Trabajo de Titulación para optar al Título de
Ingeniero de Ejecución en CONTROL E
INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL

Alumno:

Johan Braulio Fernández Figueroa

Profesor Guía:

Mag. Víctor Cárdenas Schweiger



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título; ☐ Tesis de Postgrado;

Título del trabajo: Diseño de Sistema de Seguridad Perimetral para Granja Solar

Nombre del candidato(a): Johan Braulio Fernández Figueroa

Carrera / Grado: Ingeniería de Ejecución en Control e Instrumentación Industrial

Campus: Viña del Mar ; Departamento: Electrotecnia e Informática

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Víctor Cárdenas Schweiger, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

☒ El trabajo **NO** contiene información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

☐ 6 meses; ☐ 12 meses; ☐ 2 años; ☐ 3 años; ☐ 5 años; ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 09-07-2025 ; Firma:

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 07-07-2025 ; Firma: johan fernandez

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

RESUMEN

KEYWORDS: Granjas Solares, Cámaras IP, Seguridad, Infraestructura, Innovación.

El presente trabajo de título presenta el diseño de un sistema de seguridad perimetral para granjas solares con la finalidad de poder brindar un entorno más seguro, permitiendo una mayor seguridad de acuerdo con las instalaciones de paneles solares fotovoltaicos. Relacionado al fin que conlleva la designación de dicho tema es poder establecer un método de protección para las plantas fotovoltaicas debido a las grandes instalaciones y costo de mantención de dichas instalaciones, destacando su alto nivel de infraestructura, equipos de protección muy costosos, entre otros implementos que permiten la generación de electricidad.

En primer lugar, se identificarán las diferentes problemáticas que tienen las instalaciones solares en su perímetro, con el objetivo de poder proponer una solución que permita abarcar cada espacio de la granja solar.

Por consiguiente, se realizará el diseño del sistema de seguridad perimetral para granjas solares, que permita mantener un continuo monitoreo de las instalaciones fotovoltaicas para una mayor seguridad de los dueños.

Para finalizar, se determinarán los costos del proyecto a través de un análisis económico como también de mantenimiento, con el fin de poder contemplar todo tipo de gasto que pueda conllevar el diseño de un sistema de seguridad integral para granjas solares.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: CONTEXTO GENERAL DE GRANJAS SOLARES	2
1. CONTEXTO GENERAL DE GRANJAS SOLARES	3
1.1. GRANJA SOLAR.....	3
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.3. STAKE HOLDERS.....	7
1.4. REQUERIMIENTOS	8
1.5. SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	8
1.5.1. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	9
1.5.2. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	11
1.5.3. ALTERNATIVA SELECCIONADA	12
1.6. ANÁLISIS DE OPINIÓN SOBRE EL SISTEMA DE SEGURIDAD PERIMETRAL	14
1.7. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	23
1.7.1. Objetivo General	23
1.7.2. Objetivos Específicos.....	23
CAPÍTULO 2: DISEÑO DE SISTEMA DE SEGURIDAD PERIMETRAL PARA GRANJA SOLAR	24
2. DISEÑO DE SISTEMA DE SEGURIDAD PERIMETRAL PARA GRANJA SOLAR	25
2.1. INFORMACIÓN TÉCNICA DEL RECINTO	25
2.2. SISTEMAS DE MONITOREO DE CÁMARAS DE VIGILANCIA.....	28
2.2.1. Sistema de Monitoreo de Cámaras IP vs CCTV	28
2.2.2. Enlace Inalámbrico vs Enlace Alámbrico	29
2.2.3. Topología de Red.....	31
2.2.4. Componentes Sistema de Seguridad Perimetral	32
2.2.5. Almacenamiento	42

2.2.6.	Velocidad Internet.....	44
2.2.7.	Materiales Constructivos	45
2.3.	PREPARACIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL DISEÑO	51
2.4.	CONECTIVIDAD CÁMARAS IP A LA RED	57
2.5.	RESPALDO ENERGÉTICO	60
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN.....		63
3.	ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN	64
3.1.	COSTOS GENERALES DE LA INSTALACIÓN	64
3.1.1.	Costos Generales.....	65
3.1.2.	Mano de Obra	69
3.2.	FLUJO DE CAJA.....	72
3.3.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	77
3.4.	RECOMENDACIONES	78
CONCLUSIÓN		79
BIBLIOGRAFÍA.....		80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Radiación Solar en Chile	3
Figura 1-2. Complejo Fotovoltaico Sur de Chile	5
Figura 1-3. Diagrama de Ishikawa Delincuencia en Granjas Solares	6
Figura 1-4. Arquitectura de Solución Propuesta	13
Figura 1-5. Pregunta 1 Cuestionario Digital	15
Figura 1-6. Pregunta 2 Cuestionario Digital	16
Figura 1-7. Pregunta 3 Cuestionario Digital	17
Figura 1-8. Pregunta 4 Cuestionario Digital	18
Figura 1-9. Pregunta 5 Cuestionario Digital	19
Figura 1-10. Pregunta 6 Cuestionario Digital	20
Figura 1-11. Pregunta 7 Cuestionario Digital	21
Figura 2-1. Ubicación del Recinto	27
Figura 2-2 Información de la Superficie del Recinto	27
Figura 2-3. Conexión Alámbrica vs Conexión Inalámbrica	30
Figura 2-4. Topología Estrella Extendida	31
Figura 2-5. Cámara Dahua HFW1230S-S5 Bullet IP Camera	33
Figura 2-6. NVR Dahua NVR5216/5232-16P-4KS2E	35
Figura 2-7. Antena Sectorial Ubiquiti AM-5G17-90	36
Figura 2-8. Antena Ubiquiti NanoStation Loco M5	38
Figura 2-9. Switch PoE Gestionable: Ubiquiti EdgeSwitch 8 150W	39
Figura 2-10. Switch Dahua DH-PFS3006-4ET-60	40
Figura 2-11. Cableado Cat6	42
Figura 2-12. Disco Duro Wd Purple 6TB	44
Figura 2-13. Poste Cónico Acero Galvanizado 6m	46
Figura 2-14. Poste Cónico Acero Galvanizado 5m	47
Figura 2-15. Gabinete Tablero Metálico	48
Figura 2-16. Tubería PVC Conduit 25mm	48

Figura 2-17. Caja Metálica	49
Figura 2-18. Canalización emt	49
Figura 2-19. Cableado Eléctrico	50
Figura 2-20. Ubicación Postes en Granja Solar	52
Figura 2-21. Instalación Poste Cónico	53
Figura 2-22. Instalación antenas y cámaras	55
Figura 2-23. Gabinete y UPS	62
Figura 3-1. Análisis de Sensibilidad	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Escala de Calificación de Alternativas de Solución	11
Tabla 1-2. Resultados de la Evaluación de Criterios	12
Tabla 2-1. Datos Técnicos del Inmueble	26
Tabla 2-2. Características Técnicas Cámara IP	32
Tabla 2-3. Continuación Características Técnicas Cámara IP	33
Tabla 2-4. Características Técnicas NVR	34
Tabla 2-5. Características Técnicas Antena Torre	35
Tabla 2-6. Continuación Características Técnicas Antena Torre	36
Tabla 2-7. Características Técnicas Antena CPE Cliente	37
Tabla 2-8. Características Técnicas Switch Torre Control	38
Tabla 2-9. Continuación Características Técnicas Switch Torre Control	39
Tabla 2-10. Características Técnicas Switch Poste	39
Tabla 2-11. Continuación Características Técnicas Switch Poste	40
Tabla 2-12. Características Técnicas Cableado	41
Tabla 2.13. Accesorios y materiales	51
Tabla 3-1. Componentes, equipos y materiales estructurales	65
Tabla 3-2. Materiales Eléctricos	66
Tabla 3-3. Materiales de Ferretería	67

Tabla 3-4. Gastos Generales	68
Tabla 3-5. Costos Generales de Instalación	68
Tabla 3-6. Mano de Obra	70
Tabla 3-7. Carta Gantt	70
Tabla 3-8. Continuación Carta Gantt	71
Tabla 3-9. Costos Totales del Proyecto	71
Tabla 3-10. Capital de Trabajo en Flujo de Caja	72
Tabla 3-11. Continuación Capital de Trabajo en Flujo de Caja	73
Tabla 3-12. Flujo de Caja del Proyecto Puro	73
Tabla 3-13. Continuación Flujo de Caja del Proyecto Puro	74
Tabla 3-14. Continuación Flujo de Caja del Proyecto Puro	75
Tabla 3-15. Indicadores Económicos del Proyecto	76

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

A. SIGLAS:

4K: Resolución de imagen

AC: Corriente Alterna

Acesol : Asociación Chilena de Energía Solar.

CCTV: Circuito Cerrado de Televisión.

dBi: Decibelio Relativo a la Ganancia Isotrópica

DC: Corriente Continua

DSS: Sistema de Seguridad Dahua

HDMI: High Definition Multimedia Interface

IP: Protocolo de Internet

NVR: Network Video Recorder

PoE: Power Over Ethernet

PMG: Pequeño Medio de Generación.

PMGD: Pequeño Medio de Generación Distribuida.

PSS: Sistema de Vigilancia Profesional

UPS: Uninterruptable Power Supply

VGA: Video Graphics Array

B. SIMBOLOGÍA:

°: Grado

° C: Grado Celsius

A: Amper

AC: Corriente Alterna

dBi: Decibelios relativos a un isótropo

dBm: Decibelios milivatios

Gbps: Giga bits por segundo

GHz: Giga Hertz

Hz: Hertz

km: kilo metro

kVA: kilo Volt Amper

msnm: metro sobre nivel del mar

m: metro

mm: milímetro

mm²: milímetro cuadrado

m²: metro cuadrado

TB: Tera Byte

V: Volt

VA: Volt Amper

W: Watt

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la energía solar ha experimentado un crecimiento significativo, consolidándose como una de las fuentes renovables más prometedoras en Chile. Este desarrollo ha estado estrechamente vinculado al alto potencial de radiación solar del país y a su compromiso con la sostenibilidad en la última década, de acuerdo con lo anterior a través de un análisis financiero, respaldado por un flujo de caja, ha permitido verificar que esta fuente energética ofrece ventajas significativas. Entre ellas, se destaca la posibilidad de que numerosas pequeñas empresas y entidades adopten esta tecnología, no solo como una alternativa viable para reducir costos en electricidad, sino también como un aporte al desarrollo local. La generación de energía a partir de plantas fotovoltaicas presenta múltiples beneficios, entre los que se incluyen la reducción de emisiones de carbono, el acceso a tecnología innovadora y de bajo costo en comparación con otras fuentes energéticas. Además, fomenta la creación de empleo en sectores como la construcción, la electricidad y el mantenimiento, impulsando el crecimiento de la economía verde.

La implementación de la energía solar a pequeñas plantas de energía fotovoltaicas permite brindar una mayor compatibilidad con diferentes tipos de trabajo como lo son los cultivos, el trabajo de agua a través de tranques, la utilización de la energía en forma de iluminación en sectores aislados, entre otros trabajos. Relacionado a lo mencionado se presenta una de las mayores desventajas de las empresas o entidades que contienen plantas fotovoltaicas, muchas veces instaladas en ubicaciones o lugares muy lejos de la comunidad debido a la radiación solar que pueden recibir los paneles durante el día, es la delincuencia. Principalmente dentro de las consideraciones fundamentales acerca de la instalación de granjas solares es la protección y seguridad de los implementos que la componen, ya que en Chile se ha convertido en un problema mayor en estos últimos años debido al vandalismo, sabotaje y robo de implementos necesarios para la producción de dicho sistema de energía solar. Se han convertido en un objetivo vulnerable para los delincuentes, lo cual permite a los propietarios como también operadores de las plantas, plantearse desafíos serios para poder combatir contra el desarrollo e implementación de sus proyectos en dichos sectores. (Ministerio de Energía, 2019)

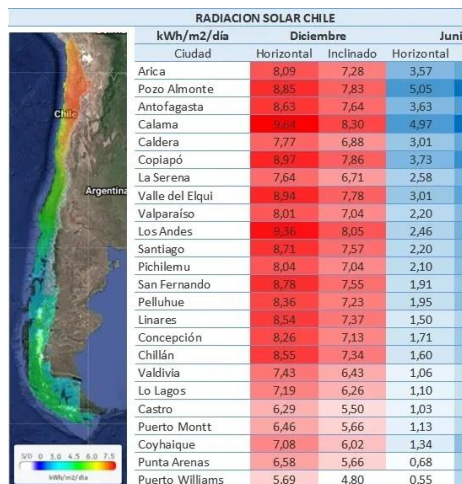
CAPÍTULO 1: CONTEXTO GENERAL DE GRANJAS SOLARES

1. CONTEXTO GENERAL DE GRANJAS SOLARES

En un contexto global marcado por el cambio climático y el aumento constante en la demanda energética, las plantas fotovoltaicas se presentan como una solución sostenible. Estas permiten cubrir las necesidades de la población mediante el uso de energía renovable, sin generar impactos negativos en el medio ambiente.

1.1. GRANJA SOLAR

La radiación solar en Chile presenta una notable variabilidad geográfica, con valores especialmente altos en el norte del país, como se observa en la figura 1-1. Esta condición representa una oportunidad significativa para el desarrollo de proyectos de energía solar, permitiendo aprovechar de forma eficiente los recursos naturales disponibles. Por lo cual dentro de este contexto es donde las granjas solares han cobrado una importancia vital en la producción de energía del país. Con relación a lo antes mencionado se generan varias preguntas como: ¿Qué es una granja solar? ¿Cuáles son sus componentes? ¿Qué importancia trasciende en sus propietarios o entidades a invertir en aquello? Con respecto a aquellas interrogantes se puede describir lo siguiente:



Fuente: Página E3C Energías Renovables

Figura 1-1. Radiación Solar en Chile

Una granja solar, también conocida como huerto solar, como campo solar o bien utilizado por más de una identidad como plantas solares, son recintos ubicados en sectores especializados de acuerdo con estudios técnicos dedicados a la instalación de paneles solares o sistemas fotovoltaicos con el propósito de capturar la radiación solar y transformar en energía eléctrica renovable. La diferencia entre una granja y un parque solar son sus dimensiones, debido a que un parque solar suele tener dimensiones sobre las 5 hectáreas, permitiendo tener mayores necesidades de elementos de control para optimizar la captación de energía solar (Repsol, 2023). En cambio, una granja solar puede tener una dimensión menor a 5 hectáreas permitiendo la captación del sol para utilización en sistemas de riego, cultivos, entre otras funciones.

Los componentes que se suelen utilizar en las granjas solares son los siguientes:

- Paneles Solares
- Inversores
- Estructuras de Soporte
- Sistemas de Almacenamiento (Opcional)
- Sistema de Monitorización
- Transformadores
- Cables y Conexiones
- Sistema de Protecciones

Por lo general todos estos componentes se deben implementar en dicho recinto donde se realiza la instalación de esta planta fotovoltaica con el objetivo de producir la energía de manera correcta con la utilización del sol.

Las entidades o empresas que deciden proyectarse con estos distintos tipos de proyectos fotovoltaicos se visualizan en poder entregar energía sustentable a las comunidades aisladas, permitiendo a los agricultores acceder a la utilización de paneles solares para los cultivos, con el objetivo de obtener un ahorro económico en electricidad a través de la utilización de la energía a través del sol, como se puede visualizar en la figura 1-2.

Debido a los factores mencionados es que muchas empresas o propietarios deciden colocar un énfasis directo a los proyectos fotovoltaicos, por lo cual uno de los requerimientos es

la total seguridad y protección que deben tener los componentes, la infraestructura y el sistema de control que monitorea dicha granja solar.



Fuente: Diario Sostenible

Figura 1-2. Complejo Fotovoltaico Sur de Chile

1.2. **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

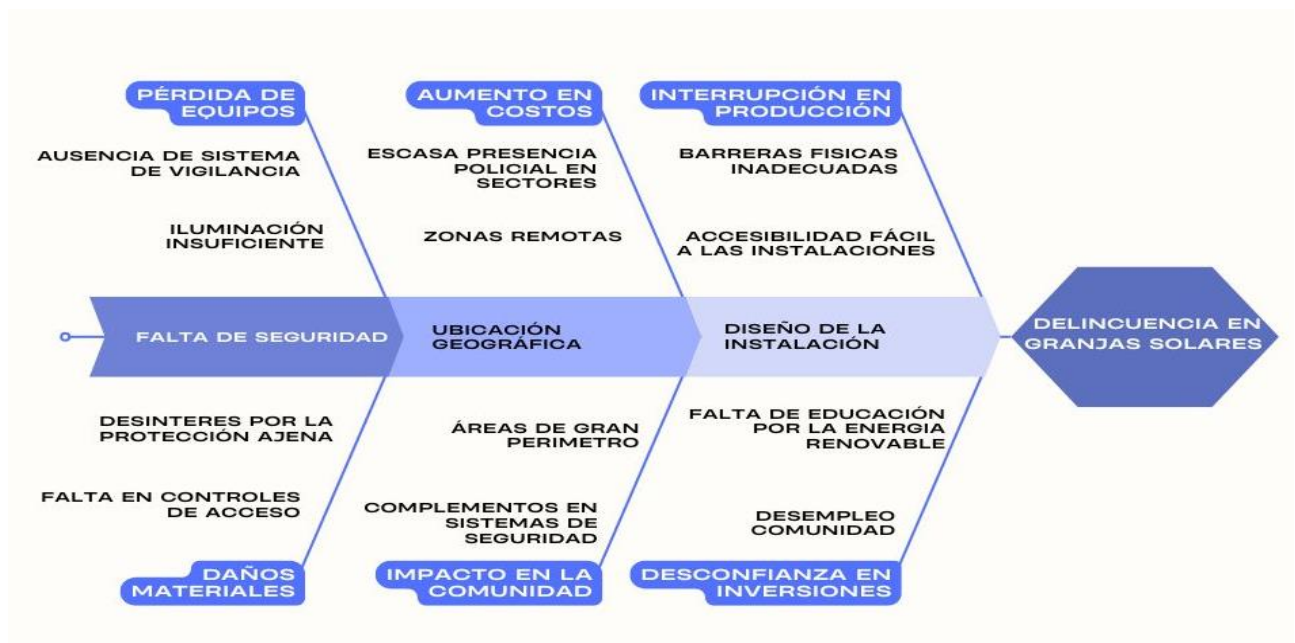
De acuerdo con lo señalado en el punto anterior, uno de los puntos más desfavorables para los propietarios o inversores que se dedican a la producción de energía fotovoltaica es la delincuencia, debido a que las plantas presentan una gran cantidad de componentes, diferentes tipos de materiales o sistemas de control con mucho valor monetario y que para cualquier persona que realice vandalismo, sabotaje o simplemente robos quedan como primer objetivo dentro de la comunidad.

El robo en las plantas solares se ha vuelto un problema significativo, afectando especialmente a las instalaciones de generación pequeña en el sector de generación distribuida. Según datos de la Acesol, los componentes más robados son los cables, inversores y paneles fotovoltaicos. Dentro del sitio webinar “Seguridad y Ciberseguridad en el sector energético” se informó que el 78,6% de los robos ocurren por la noche, y más del 35% ocurren dentro del mismo mes, con algunas empresas afectadas desde hace más de 10 meses.

La región de O'Higgins lidera en robos con más de 28 casos, siendo un total del 66,7% del total, seguidas por las regiones de Valparaíso, Coquimbo y la Región Metropolitana.

En relación con los componentes que más sufren de robos están: el cableado del sistema fotovoltaico con alrededor del 85,7% debido al alto valor de compra del cobre de dicho cableado, luego seguirían los paneles solares con alrededor del 54,8% y finalmente los inversores con un 23,8%. Dentro de las entidades más afectadas se mantienen las PMGD con un 78,6% mientras que con un 23,8% afectan las instalaciones de autoconsumo y otros sistemas menores (Electrominería, Septiembre 2023).

De esta forma se puede proponer una definición completa de la problemática de acuerdo con el diagrama de Ishikawa presentado en la figura 1-3, el cual permitirá entender, cuáles son las causas principales del por qué se generan estos tipos de incidentes, que pueden perjudicar de manera constante a las plantas fotovoltaicas, como también poder ver significativamente las consecuencias que pueden generar dentro del entorno de las entidades.



Fuente: Datos Recopilados de Internet ejecutados en Canva

Figura 1-3. Diagrama de Ishikawa Delincuencia en Granjas Solares

Asimismo, el objetivo para poder resolver esta problemática sería esencialmente proteger la inversión que se realiza en equipos y recursos, lo cual afectaría de manera significativa a la rentabilidad de las inversiones en energía solar. También permitiría mantener un control particular de acuerdo con la producción de energía, ya que mantendría los márgenes para mantener una estabilidad en el ámbito del suministro eléctrico. Sin embargo, permitiría llamar la atención de inversionistas en seguir creyendo en la implementación de dichas plantas fotovoltaicas como también permitir tener confianza en los lugares en donde se pueden ubicar dichas granjas solares permitiendo una sostenibilidad en la comunidad (Protg, April 28).

1.3. STAKE HOLDERS

Como consecuencia ante dicha problemática se presentaría una cadena significativa de afectados debido a que el sistema energético que se va desarrollando de acuerdo con un proceso puede llevar a abarcar muchas personas impidiendo que se realicen de buena manera su funcionalidad, como, por ejemplo:

- En primer lugar, afectaría a los propietarios o entidades dueñas de las granjas solares. Por consiguiente, influiría en las personas administradoras y operadores los cuales tendrían una carga de trabajo en tratar de resolver los problemas que pueden ocasionar la pérdida de recursos o componentes vitales. De igual manera aquellas personas inversoras en este tipo de proyectos les traería un gran problema de confianza al querer invertir en este tipo de proyectos de gran envergadura.
- Asimismo, la comunidad local se vería afectada de manera indirecta debido al aumento del vandalismo y los robos en el área, lo que podría interrumpir el suministro eléctrico para los clientes o usuarios conectados a la granja solar. Esta situación no solo impacta a los habitantes del sector, sino que también representa una consecuencia negativa para el sistema energético nacional y el gobierno, al evidenciar la falta de soluciones efectivas que garanticen la sostenibilidad y el aprovechamiento adecuado de las ventajas que ofrecen las plantas fotovoltaicas en el país.

1.4. REQUERIMIENTOS

Principalmente para poder realizar un proyecto de diseño de sistema de seguridad perimetral para una granja solar abordando de manera efectiva se requieren dentro de las siguientes medidas:

- Conocimiento del perímetro: Contar con un levantamiento topográfico o plano detallado del área a proteger, que permita determinar los puntos críticos, zonas vulnerables o rutas de fácil acceso al lugar.
- Accesibilidad y logística: Se debe garantizar que dentro del área se puedan instalar los postes de sujeción, canalizaciones, cableados o equipamiento, considerando condiciones del terreno, presencia de animales o maquinaria agrícola como también la exposición al clima.
- Compatibilidad con la infraestructura solar: Los sistemas de seguridad no deben interferir con el funcionamiento de los paneles fotovoltaicos ni con la infraestructura eléctrica de generación.
- Normativa y seguridad eléctrica: Toda instalación debe cumplir con la normativa vigente en Chile respecto a canalizaciones eléctricas, puesta a tierra, protecciones y seguridad en sectores rurales.
- Requerimientos presupuestarios: Se debe considerar la disponibilidad de recursos económicos para la adquisición de equipos, mano de obra calificada y mantenimiento del sistema.

1.5. SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

Para abordar de manera efectiva las problemáticas asociadas a la delincuencia en granjas solares, resulta fundamental implementar un diseño de sistema de seguridad que considere todos los aspectos necesarios para garantizar la protección del perímetro. Este sistema debe basarse en un enfoque integral que combine medidas físicas, tecnológicas y operativas, adaptándose a las características y necesidades particulares de cada instalación.

1.5.1. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Para dar solución a la problemática de la delincuencia se proponen 4 alternativas, siendo todas aquellas opciones de solución sometidas a criterios pertinentes, permitiendo realizar un análisis más detallado de cuales son factibles de aplicar de acuerdo con aspectos económicos y técnicos, permitiendo lograr encontrar la solución óptima.

1.5.1.1. Alternativa N° 1 “Hacer Nada”

Principalmente, dentro de las alternativas para poder combatir las problemáticas que han llevado a la pérdida de material y recursos de gran valor es mantener el sistema de seguridad actual no realizando cambios ni mejoras al respecto, permitiendo de alguna manera ser una ayuda económica en un corto plazo debido a no invertir en seguridad, pero puede ser un arma de doble filo a largo plazo con respecto a cualquier intento de robo o vandalismo que puedan ocurrir dentro de las inmediaciones.

1.5.1.2. Alternativa N° 2 “Mejorar el sistema existente”

La segunda alternativa es mejorar el sistema existente de seguridad a través de la contratación de personal de seguridad adicional, permitiendo realizar un patrullaje más frecuente a las zonas del perímetro, de alguna forma asegurando una respuesta más rápida a los incidentes que puedan ocurrir dentro de las instalaciones. A su vez con respecto a la infraestructura, fortalecer las cercas existentes dentro de los puntos críticos donde suelen realizarse los vandalismos y robos de los equipos.

1.5.1.3. Alternativa N° 3 “Diseño de Sistema de Seguridad Avanzado”

Como tercera alternativa se propone un rediseño completo del sistema de seguridad, incorporando un sistema de cámaras de vigilancia de alta definición, permitiendo incluir tipos de sensores de movimientos, que puedan mantener una vigilancia mayor acerca de las personas que puedan estar deambulando por el recinto, permitiendo estas activar un sistema de alertas sonoras en el sector, para poder realizar el patrullaje oportuno del personal de seguridad.

Además, de los aspectos antes mencionados realizar la electrificación de los cercos o vallas de seguridad de algunos sectores más expeditos que puedan ser claros objetivos de los intrusos, con el objetivo de aumentar la seguridad y protección de los recursos. Se instalarán diversas luces led con el objetivo de mantener iluminados estos puntos estratégicos como de igual manera por parte del personal de seguridad mantener una vigilancia más controlada.

La identificación de todos los componentes mencionados permitirá que las señales sean enviadas a una central de gestión, facilitando el funcionamiento integral del sistema de vigilancia y seguridad. Esto proporcionará una mayor eficiencia para detectar y responder oportunamente a cualquier incidente.

1.5.1.4. Alternativa N° 4 “Implementar un Sistema de Seguridad Comunitaria”

La cuarta alternativa es permitir el trabajo en conjunto con la comunidad más cercana a las granjas solares, con el objetivo de establecer un sistema de vigilancia y seguridad colaborativa, donde cada residente más cercano pueda informar acerca de cualquier actividad o circunstancia sospechosa que se involucren con la protección de sus instalaciones. De esta forma permite establecer una mayor confianza y colaboración entre los propietarios y la comunidad siendo la eficacia de esta opción solamente el compromiso y participación de la sociedad.

1.5.2. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Para evaluar las alternativas de solución antes mencionadas se realizará un análisis en base a criterios que se pueden adoptar para poder ver la factibilidad que debe cumplir cada proyecto, permitiendo obtener una alternativa de solución óptima, accesible y que pueda suplir las necesidades que mantienen dichas organizaciones de acuerdo con sus problemáticas. Los criterios que se tomarán en cuenta se verán sometidos a una escala de calificaciones donde la nota 1 corresponde a “Muy Deficiente”, la nota 2 corresponde a “Deficiente”, la nota 3 corresponde a “Aceptable”, la nota 4 corresponde a “Bueno” y la nota 5 corresponde a “Óptimo”, como se puede evidenciar en la tabla 1-1.

Tabla 1-1. Escala de Calificación de Alternativas de Solución

Tabla de Puntuación de Alternativas de Solución				
Muy deficiente	Deficiente	Aceptable	Bueno	Óptimo
1	2	3	4	5

Fuente: Información acerca evaluación de alternativas

Los criterios que se considerarán son los siguientes: en primer lugar, se analizará la innovación, que permitirá seleccionar una alternativa que cumpla con niveles avanzados de tecnología. En segundo lugar, se evaluará la efectividad, enfocándose en identificar la opción que brinde un mayor nivel de prestación en función de los requerimientos de seguridad y protección. El tercer criterio será el retorno de inversión, dado que cualquier proyecto debe generar beneficios económicos significativos a corto o largo plazo. En cuarto lugar, se examinará la adaptabilidad, asegurando que la alternativa seleccionada pueda mantener estabilidad frente a posibles suplencias o deficiencias operativas, especialmente en el contexto de la producción de energía solar. Por último, se considerará la sostenibilidad, con una visión orientada al futuro y alineada con las dependencias e imagen de las entidades inversoras.

El promedio de cada criterio dará un puntaje total permitiendo escoger la alternativa de solución más eficiente de acuerdo con el proyecto tecnológico.

En la tabla 1-2. se pueden identificar los resultados totales de cada criterio con la puntuación final respecto al proyecto elegido para poder ser ejecutado.

Tabla 1-2. Resultados de la Evaluación de Criterios

Característica/Alternativa	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Innovación (30%)	1	2	5	2
Efectividad (15%)	1	3	4	4
Retorno de Inversión (30%)	1	3	4	3
Adaptabilidad (15%)	1	3	5	1
Sostenibilidad (10%)	1	2	5	1
Puntuación total	1	2,6	4,55	2,35

Fuente: Información acerca de los resultados de cada alternativa de solución

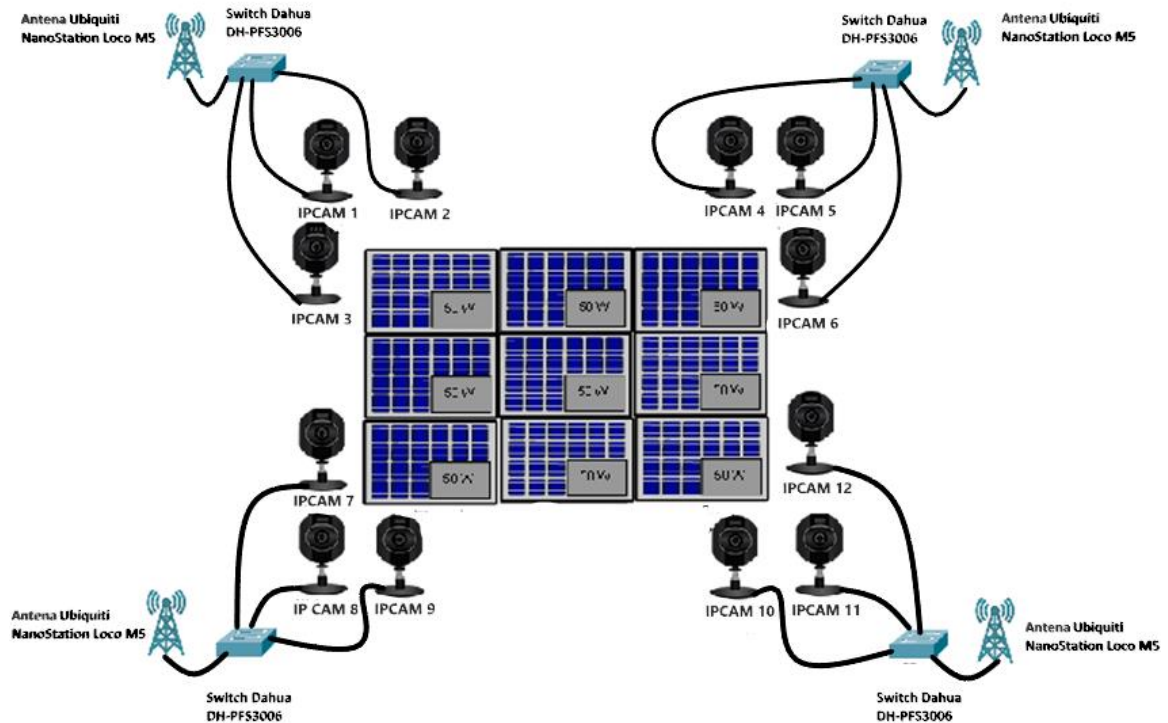
1.5.3. ALTERNATIVA SELECCIONADA

De acuerdo con los criterios previamente evaluados, se determina que la alternativa N° 3 “Diseño de Sistema de Seguridad Avanzado” es la opción seleccionada. Esta elección se fundamenta en que dicho sistema, basado en la implementación de cámaras IP, ofrece una protección robusta y proactiva. Estas tecnologías permiten detectar, prevenir y responder eficazmente ante intrusiones, cumpliendo con los objetivos planteados en materia de seguridad.

Respecto al criterio “retorno de la inversión” se puede estimar que, aunque la inversión inicial es mayor que en las otras alternativas, el retorno a largo plazo es considerable debido a la reducción de pérdidas por robos, el aumento de la confianza de los inversores y la mejora en la reputación de la granja solar las cuales son factores que pueden resultar en un retorno positivo significativo a lo largo del tiempo.

Finalizando con el criterio de sostenibilidad permite, al Implementar tecnologías eficientes, como sistemas de iluminación LED y soluciones energéticas renovables para la

operación de los equipos de seguridad, alinea a esta alternativa con los principios de sostenibilidad del sector de energías renovables con el objetivo de no sólo mejorar la imagen de la granja, sino que también contribuye a un impacto ambiental positivo.



Fuente: Cisco Packet Tracer

Figura 1-4. Arquitectura de Solución Propuesta

1.6. ANÁLISIS DE OPINIÓN SOBRE EL SISTEMA DE SEGURIDAD PERIMETRAL

Con el objetivo de conocer la percepción y aceptación de los sistemas de seguridad perimetral para granjas solares, se realizó una encuesta dirigida a un grupo de personas voluntarias interesadas en retribuir una opinión acerca de sus criterios con respecto a la protección y seguridad con respecto al tema antes señalado permitiendo recopilar información sobre la viabilidad, aceptación y posibles mejoras del proyecto de seguridad mediante videovigilancia.

La encuesta fue respondida por un total de 24 personas, entre las cuales se incluyeron profesores de educación básica, asistentes de la educación, estudiantes universitarios, magister y público en general. Dichos resultados de la encuesta fueron recopilados de manera online mediante un cuestionario digital por parte de la aplicación Microsoft Forms.

El formulario contenía 7 preguntas, que combinaban las opciones cerradas (si/no, selección múltiple y múltiples opciones, de manera de recoger datos cuantitativos.

Con respecto a lo antes mencionado las respuestas fueron recolectadas y procesadas utilizando herramientas digitales a través de la aplicación Microsoft Forms, permitiendo realizar el análisis a través de gráficos y tablas para identificar las tendencias claves de cada respuesta.

A continuación, se muestra los resultados de cada pregunta con su respectivo gráfico:

Pregunta 1: ¿Está familiarizado con el concepto de “Granja Solar”?

De acuerdo con la pregunta antes mencionada se designó dos tipos de opciones cerradas (Si o No), por lo cual de una totalidad de 24 personas que respondieron la encuesta, el 75% (18 personas) considero que, Si está familiarizado con el concepto de “Granja Solar”, mientras que el 25% restante (6 personas) considero que No se encuentra familiarizado con el concepto antes mencionado.

Con respecto a la respuesta antes mencionada, en la figura 1-5. queda demostrado mediante el siguiente gráfico:

1. ¿Está familiarizado con el concepto de "Granja Solar"?



Fuente: Datos Cuestionario Microsoft Forms

Figura 1-5. Pregunta 1 Cuestionario Digital

Pregunta 2: ¿Ha considerado alguna vez la instalación de un sistema de vigilancia en su propiedad?

De acuerdo con la pregunta antes mencionada se designó dos tipos de opciones cerradas (Si o No), por lo cual de una totalidad de 24 personas que respondieron la encuesta, el 96% (23 personas) considero que, Si tuvo considerado alguna vez la instalación de un sistema de vigilancia en su propiedad, mientras que el 4% restante (1 persona) considero que No ha considerado nunca la instalación de un sistema de vigilancia en su hogar.

Con respecto a la respuesta antes mencionada, en la figura 1-6. queda demostrado mediante el siguiente gráfico:

2. ¿Ha considerado alguna vez la instalación de un sistema de vigilancia en su propiedad?



Fuente: Datos Cuestionario Microsoft Forms

Figura 1-6. Pregunta 2 Cuestionario Digital

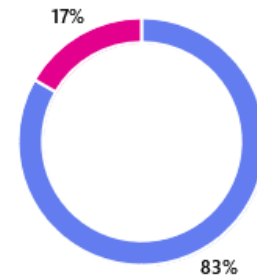
Pregunta 3: ¿Considera importante contar con un sistema de vigilancia en una granja solar?

De acuerdo con la pregunta antes mencionada se designó tres tipos de opciones cerradas (Muy importante, Algo Importante y Nada Importante), por lo cual de una totalidad de 24 personas que respondieron la encuesta, el 83% (20 personas) considero que es Muy Importante contar con un sistema de vigilancia en una granja solar, mientras que el 17% restante (4 personas) considero que Algo Importante es considerar un sistema de vigilancia en una granja solar. La respuesta de Nada Importante obtuvo 0% debido a que, de la totalidad de las personas encuestadas, ninguno de los usuarios considero que es para Nada Importante contar con un sistema de vigilancia en perímetros de granjas solares.

Con respecto a la respuesta antes mencionada, en la figura 1-7. queda demostrado mediante el siguiente gráfico:

3. ¿Considera importante contar con un sistema de vigilancia en una granja solar?

● Muy Importante	20
● Algo Importante	4
● Nada Importante	0



Fuente: Datos Cuestionario Microsoft Forms

Figura 1-7. Pregunta 3 Cuestionario Digital

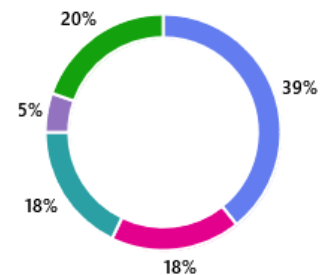
Pregunta 4: ¿Qué tipo de vigilancia consideraría más efectiva para una granja solar?

De acuerdo con la pregunta antes mencionada se designó cinco tipos de opciones abiertas con una totalidad de 3 opciones a designar entre ellas, (Cámaras de Videovigilancia, Sensores de Movimiento, Cerco Eléctrico, Guardias, Sistema de Alertas), por lo cual de una totalidad de 24 personas que respondieron la encuesta, el 39% (22 respuestas) considero las Cámaras de Videovigilancia son las más efectivas para una granja solar, mientras que el 20% (11 respuestas) considera que el Sistema de Alarmas permite la efectividad para un sistema de monitoreo en una granja solar, no obstante el 18% (10 respuestas) se declinan que los Sensores de Movimiento funcionan como herramienta efectiva para una granja solar. De igual manera a lo antes mencionado el 18% (10 respuestas) considera que el Cerco Eléctrico es una instalación que ayuda de buena manera para una granja solar. Siendo con el 5% (3 respuestas) los guardias como una de las herramientas que se puede combatir los intrusos en las granjas solares.

Con respecto a la respuesta antes mencionada, en la figura 1-8. queda demostrado mediante el siguiente gráfico:

4. ¿Qué tipo de vigilancia consideraría más efectiva para una granja solar?

● Cámaras de Videovigilancia	22
● Sensores de Movimiento	10
● Cerco Eléctrico	10
● Guardias	3
● Sistema de Alarmas	11



Fuente: Datos Cuestionario Microsoft Forms

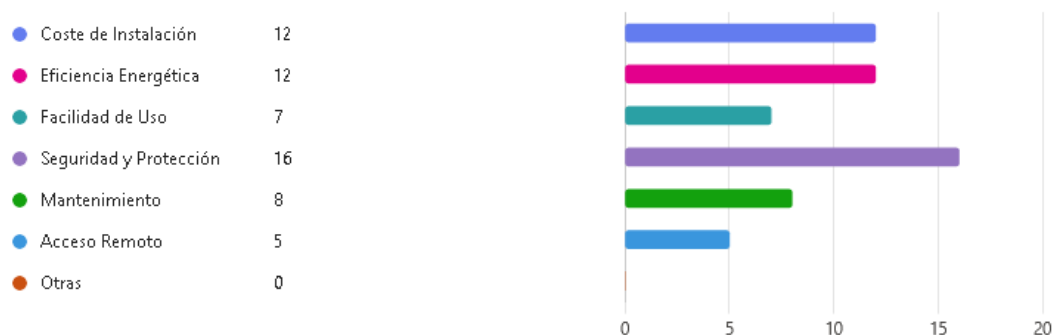
Figura 1-8. Pregunta 4 Cuestionario Digital

Pregunta 5: ¿Qué factores considera más importantes a la hora de elegir un sistema de vigilancia para una granja solar?

De acuerdo con la pregunta antes mencionada se designó siete tipos de opciones abiertas con una totalidad de 3 opciones a designar entre ellas, (Coste de Instalación, Eficiencia Energética, Facilidad de Uso, Seguridad y Protección, Mantenimiento, Acceso Remoto, Otras), por lo cual de una totalidad de 24 personas que respondieron la encuesta, el 27% (16 respuestas) considero la respuesta de seguridad y Protección, mientras que el 20% (12 respuestas) considero el Coste de la Instalación, no obstante el mismo 20% (12 respuestas) se declinó por la Eficiencia Energética de un sistema de vigilancia. De igual manera a lo antes mencionado el 13% (8 respuestas) considera que el Mantenimiento es un factor importante, siendo con el 12% (7 respuestas) la facilidad de uso como uno de los factores que forman parte de un sistema de vigilancia. Por consiguiente, el 8% (5 respuestas) considera que el Acceso Remoto es el factor trascendental. Por el contrario, la opción Otras obtuvo el 0% (0 respuestas) debido a que los usuarios no consideran ninguna alternativa adicional a las antes mencionadas.

Con respecto a la respuesta antes mencionada, en la figura 1-9. queda demostrado mediante el siguiente gráfico:

5. ¿Qué factores considera más importantes a la hora de elegir un sistema de vigilancia para una granja solar?



Fuente: Datos Cuestionario Microsoft Forms

Figura 1-9. Pregunta 5 Cuestionario Digital

Pregunta 6: ¿Estaría dispuesto a pagar por la instalación de un sistema de vigilancia en una granja solar?

De acuerdo con la pregunta antes mencionada se designó tres tipos de opciones cerradas (Si, No y Depende del Coste de la Instalación), por lo cual de una totalidad de 24 personas que respondieron la encuesta, el 50% (12 personas) considero que Si estaría dispuesto a pagar por una instalación de un sistema de vigilancia en una granja solar, mientras que el 50% restante (12 personas) considero que Depende del Coste de la Instalación podría estaría dispuesto a pagar por una instalación de un sistema de vigilancia en una granja solar. La respuesta No obtuvo 0% debido a que, de la totalidad de las personas encuestadas, ninguno de los usuarios considero que no pagaría por la instalación de un sistema de vigilancia.

Con respecto a la respuesta antes mencionada, en la figura 1-10. queda demostrado mediante el siguiente gráfico:

6. ¿Estaría dispuesto a pagar por la instalación de un sistema de vigilancia en una granja solar?



Fuente: Datos Cuestionario Microsoft Forms

Figura 1-10. Pregunta 6 Cuestionario Digital

Pregunta 7: ¿Cree que un sistema de vigilancia puede aumentar la seguridad y el rendimiento de una granja solar?

De acuerdo con la pregunta antes mencionada se designó tres tipos de opciones cerradas (Si, No y Puede Ser), por lo cual de una totalidad de 24 personas que respondieron la encuesta, el 88% (21 personas) considero que Si cree que un sistema de vigilancia puede aumentar la seguridad y el rendimiento de una granja solar, mientras que el 8% (2 personas) considero que Puede Ser seria la respuesta indicada a que un sistema de vigilancia puede ayudar a aumentar la seguridad y el rendimiento de una granja solar. Mientras que la respuesta No obtuvo 4% debido a que, de la totalidad de las personas encuestadas, solamente 1 persona considero que no cree que aumentara la seguridad y rendimiento de la granja solar la instalación de un sistema de vigilancia.

Con respecto a la respuesta antes mencionada, en la figura 1-11. queda demostrado mediante el siguiente gráfico:

7. ¿Cree que un sistema de vigilancia puede aumentar la seguridad y el rendimiento de una granja solar?



Fuente: Datos Cuestionario Microsoft Forms

Figura 1-11. Pregunta 7 Cuestionario Digital

Los resultados de la encuesta reflejan una fuerte predisposición hacia la implementación de sistemas de seguridad en granjas solares. La mayoría de los encuestados está familiarizada con las granjas solares y ve la necesidad de sistemas de vigilancia, especialmente cámaras de videovigilancia. También se destaca la importancia de la seguridad y la protección como los factores clave al elegir un sistema de vigilancia. Sin embargo, el coste de instalación sigue siendo un factor decisivo para muchos, lo que indica que es necesario considerar opciones de inversión accesibles sin comprometer la eficacia del sistema.

En general, los resultados apoyan la viabilidad del proyecto de seguridad perimetral, subrayando la necesidad de ofrecer soluciones tecnológicas avanzadas y económicamente accesibles para los propietarios de granjas solares. De acuerdo con lo anteriormente señalado se puede efectuar un análisis en profundidad con respecto a la viabilidad del proyecto debido a que el análisis de la encuesta fue positivo enfocándose en las preguntas 6 y 7 permitiendo que los usuarios puedan tener una alta perspectiva que los proyectos de cámaras de videovigilancia son de gran inversión a largo plazo permitiendo mantener un control continuo de materiales o bienes propios de gran valor monetario.

1.7. OBJETIVOS DEL PROYECTO

Para garantizar el correcto desarrollo del proyecto, se definirán objetivos generales y específicos.

1.7.1. Objetivo General

Diseñar un sistema de seguridad perimetral para una granja solar.

1.7.2. Objetivos Específicos

- Identificar la situación actual de las granjas solares estableciendo un sistema de seguridad eficiente de acuerdo con las necesidades de las empresas.
- Analizar posibles soluciones tecnológicas para el diseño del sistema de seguridad perimetral.
- Considerar la selección de equipos adecuados y arquitectura de red eficiente para la implementación.
- Determinar los costos de instalación y mantenimiento.
- Verificar a través de una evaluación económica la viabilidad técnica y financiera del proyecto.

CAPÍTULO 2: DISEÑO DE SISTEMA DE SEGURIDAD PERIMETRAL PARA GRANJA SOLAR

2. DISEÑO DE SISTEMA DE SEGURIDAD PERIMETRAL PARA GRANJA SOLAR

La seguridad perimetral es la primera línea de defensa de un sistema de alarma dentro de una organización, entidad o recinto privado. Está diseñado para vigilar el límite de la propiedad a proteger, evitando cualquier tipo de acceso no autorizado además de servir como elemento disuasorio, para evitar la entrada de personas no autorizadas al área de la planta.

De acuerdo con la seguridad perimetral se realizará un análisis al sistema de control perimetral que permita obtener una gran ventaja como también posible uso dentro de las diferentes plantas de trabajo:

- **Sistemas de Monitoreo de Cámaras de Vigilancia:** es un sistema donde se utilizan cámaras externas para monitorear una propiedad, capturando imágenes que se analizan mediante Análisis de Video Inteligente. Las imágenes se graban de forma continua en un dispositivo grabador y se visualizan en tiempo real tanto por vigilantes locales como remotos, lo que permite anticiparse a los intrusos.

Existen diferentes tipos de cámaras, como las analógicas, IP, térmicas, PTZ (de movimiento) y domos. En zonas de oscuridad total se utilizan las cámaras térmicas, las cuales permiten detectar la radiación térmica de objetos para formar imágenes. La conexión puede ser de manera analógica o IP, siendo la segunda la más común hoy en día, aunque en instalaciones antiguas pueden coexistir ambas tecnologías.

2.1. INFORMACIÓN TÉCNICA DEL RECINTO

De acuerdo con el diseño de un sistema de seguridad perimetral se deben obtener información técnica y relevante del área de instalación de modo que pueda asegurar una buena ejecución del trabajo de diseño. Dentro de los datos claves que se pueden tomar en consideración al realizar un diseño, son los datos constructivos, demográficos y eléctricos que son esenciales para el diseño de un sistema de seguridad perimetral.

El recinto está ubicado en la localidad de Boco, comuna de Quillota, en la Región de Valparaíso, con la dirección asignada de Balmaceda N° 68. La instalación dispone de un cerco

perimetral que restringe el acceso a un área destinada para aproximadamente 274 paneles solares, lo que permite a los propietarios o socios de la entidad generar energía solar para cubrir sus necesidades específicas. En el recinto se encuentra una entrada a través de un portón metálico, el cual facilita el acceso a la instalación mencionada. A continuación, en la tabla 2-1. se presentan los detalles técnicos de la ubicación que proporcionan los datos clave para la construcción del sistema de seguridad perimetral:

Tabla 2-1. Datos Técnicos del Inmueble

Datos del Inmueble		
Institución Pública Responsable	Recinto Agrícola	
Identificación del inmueble	Privada	
Dirección	Av. Balmaceda N° 68, Quillota, Valparaíso	
Región	Valparaíso	
Coordenadas Geográficas	Latitud	-32,87°
	Longitud	-71,26°
	Altura	180 msnm
Dimensión Superficie	Largo	63.2 m
	Ancho	23 m
	Área	1.493,4 m ²
	Perímetro	174,48 m
Parámetros Eléctricos	Paneles Instalados	274
	Potencia Instalada	16,4 kW

Fuente: Información proporcionada por Google Maps y Google Earth

Con respecto a la información antes mencionada, en la figura 2-1. se puede evidenciar la instalación con respecto a su superficie, la instalación de los paneles solares, como se encuentra protegida de acuerdo con el cerco perimetral como también la distancia con las viviendas cercanas:



Fuente: Google Earth

Figura 2-1. Ubicación del Recinto

De acuerdo con los aspectos técnicos del lugar se pueden apreciar en la figura 2-2. El perímetro y área del terreno, que permitirá realizar el diseño de la seguridad perimetral.



Fuente: Google Earth

Figura 2-2. Información de la Superficie del Recinto

2.2. SISTEMAS DE MONITOREO DE CÁMARAS DE VIGILANCIA

Un sistema de monitoreo de cámaras de vigilancia es una solución tecnológica diseñada para monitorear y registrar actividades en tiempo real en un área específica. Utilizar cámaras de seguridad conectadas a una red de monitoreo, permite la visualización y grabación de imágenes en lugares sensibles o de alto riesgo. Existen diversas opciones como cámaras analógicas, IP, cámaras térmicas, adaptadas a diferentes necesidades y entornos.

Debido a la innovación de las tecnologías ha llevado a ir desarrollando nuevas técnicas o metodologías de trabajo que permiten un ahorro sustentable de materiales, trabajo y pérdidas que puedan llevar a tener problemas grandes en la comunicación de los diferentes componentes que se utilizan en las instalaciones de cámaras de vigilancia. Con respecto a lo anteriormente mencionado se presentan grandes diferencias entre dos tipos de sistemas de monitoreos como lo son el monitoreo a través de cámaras IP o a través de un CCTV.

2.2.1. Sistema de Monitoreo de Cámaras IP vs CCTV

Las cámaras IP aportan grandes ventajas frente a la tradicional CCTV:

- Las cámaras IP presentan una ventaja en tener la posibilidad de acceso desde cualquier parte del mundo mientras exista una conexión a internet. Sin embargo, un CCTV es, como su nombre lo indica “cerrado”, por lo cual hay que estar en un lugar del CCTV para poder visualizar las imágenes.
- La instalación de cámaras IP resulta más económica y sencilla, ya que se asemeja a la conexión de una red local LAN pudiendo conectarse fácilmente al router, ya sea alámbrica o inalámbrica, sin requerir las complejas y costosas instalaciones propias de los sistemas CCTV tradicionales. Esto simplifica tanto el proceso de montaje como los costos asociados.
- Mientras que en un CCTV se requiere duplicar sistemas de monitorización durante la ampliación del sistema, en el monitoreo IP es más sencillo añadir cámaras a un sistema.

- En un sistema CCTV se requiere hacer un cableado separado para video, audio y corriente eléctrica, mientras que algunas cámaras IP son POE (Power Over Ethernet), permitiendo que la cámara transmita los paquetes de información tanto de video y audio como también su alimentación por el mismo cable de red como se puede apreciar en la figura 2-3.
- Las cámaras que no son IP no contienen una tecnología inteligente debido a que no detectan movimientos por sí solas, en cambio las cámaras IP contienen sistemas integrados de alarma, detección de movimiento y visión nocturna.

De acuerdo con el análisis comparativo entre cámaras IP y sistema CCTV se concluye que las cámaras IP ofrecen mayor facilidad de conexión y configuración, tanto local como remotamente. Además, proporcionan ventajas adicionales a su software, que facilita el acceso, revisión, edición y exportación de grabaciones, permitiendo una gestión intuitiva de todo el sistema, mejorando la administración y control de las cámaras de manera más eficiente que los sistemas tradicionales de CCTV.

2.2.2. Enlace Inalámbrico vs Enlace Alámbrico

El enlace inalámbrico facilita la conexión de dispositivos al reducir la necesidad de una red cableada, lo que resulta especialmente ventajoso en terrenos difíciles donde la instalación de cables sería complicada. Esto permite una implementación más rápida y flexible del sistema, evitando las limitaciones físicas de los cables y simplificando el proceso de configuración en áreas de difícil acceso.

- Debido a la extensión del perímetro de la granja solar, utilizar cables UTP para futuras ampliaciones llevará a una limitancia debido a que el cable UTP puede extenderse hasta 100m por nodo, en este sentido la distancia que se presenta entre la granja y la vivienda más cercana donde iría la torre de control supera esta longitud lineal.
- Considerando el tipo de terreno y la presencia constante de animales y maquinaria, las canaletas o tuberías que contienen los cables interconectados estarían en riesgo

de sufrir daños. Esto complicaría las reparaciones, ya que cualquier avería en estos cables podría ser difícil de arreglar debido al difícil acceso o la constante alteración del entorno.

- En un entorno abierto, el costo de los equipos para una conexión alámbrica sería elevado, ya que se necesitaría una infraestructura física robusta y protección adicional para los equipos de red. Además, cualquier daño en los cables o dispositivos podría resultar costoso de reparar.
- Por otro lado, una conexión inalámbrica elimina estas limitaciones, ya que no depende de puntos físicos fijos, permitiendo una mayor flexibilidad y crecimiento de la red sin restricciones de infraestructura.

El ahorro en el cableado estructurado es una ventaja significativa, si se llega a optar por este tipo de solución, se debería considerar una instalación elevada mediante tuberías soportadas por postes, similar a la de cables de alta tensión, para protegerlos del movimiento de maquinaria y animales en la granja.

De acuerdo con el diseño del sistema de seguridad perimetral se propone un sistema híbrido. que combine conexiones inalámbricas, que faciliten la cobertura de las distintas postaciones con cámaras IP, y conexiones alámbricas, que sean útiles para la interconexión del área de consola con el enlace inalámbrico.



Fuente: Página Curso de Redes

Figura 2-3. Conexión Alámbrica vs Conexión Inalámbrica

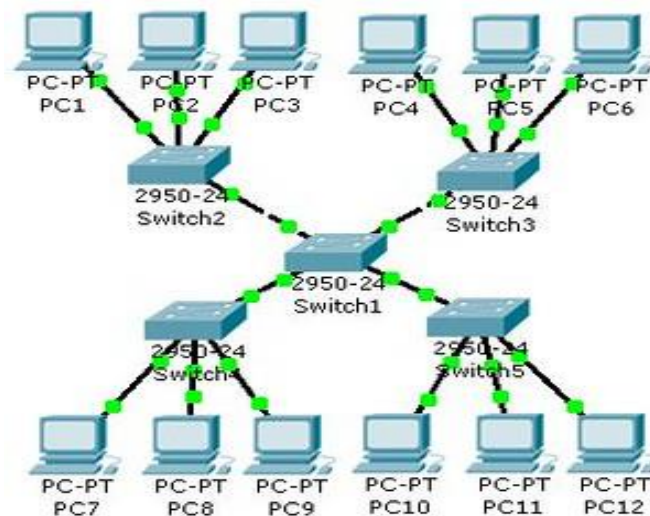
2.2.3. Topología de Red

La topología de red describe la forma en que está diseñada una red, tanto en términos físicos como lógicos. La topología física se refiere a la disposición física de los dispositivos en la red, mientras que la topología lógica describe cómo los datos se transmiten a través de las conexiones.

Aunque la distancia entre nodos, las interconexiones físicas, las tasas de transmisión y los tipos de señales no son parte de la topología, pueden verse influenciadas por ella.

- **Topología Estrella:** La red descrita es un modelo centralizado donde todos los equipos se conectan a un servidor o concentrador (hub). En este tipo de red, todas las comunicaciones pasan necesariamente a través del hub, lo que facilita el control y la supervisión, ya que gestiona la distribución de la información.

La ventaja principal es que, si un equipo falla, la red sigue funcionando, pero su principal debilidad es el hub, ya que, si éste presenta problemas, toda la red se ve afectada. Como se puede observar en la figura 2-4.



Fuente: Página Flickr

Figura 2-4. Topología Estrella Extendida

2.2.4. Componentes Sistema de Seguridad Perimetral

El sistema de seguridad perimetral para la granja solar se centrará en el de un sistema de videovigilancia avanzado, que utilizarán cámaras IP y sensores de movimiento estratégicamente distribuidos para garantizar una cobertura completamente eficiente del área. A continuación, se describen los componentes principales que serán implementados para lograr una vigilancia efectiva y de alta calidad, detallando las características técnicas de cada uno y su funcionamiento dentro del diseño general.

- Cámara de Vigilancia IP: Dahua HFW1230S-S5 Bullet IP Camera

Las cámaras Dahua HFW1230S-S5 se encargan de la captura y transmisión de imágenes en tiempo real. A continuación, en la tabla 2-2. se explicarán detalles técnicos como de aplicación de la cámara propuesta para el diseño del sistema de vigilancia.

Tabla 2-2. Características Técnicas Cámara IP

Componente	Descripción
Modelo	Dahua HFW1230S-S5 Bullet IP Camera
Resolución	1080 pixeles
Lente	Fija de 2,8mm, ángulo de visión amplio
Visión Nocturna	Infrarrojos, alcance de hasta 30 metros en condiciones de baja luz o completa oscuridad
Conexión	Ethernet o Inalámbrica
Voltaje Alimentación	12 volt corriente continua $\pm 30\%$, PoE
Consumo de Energía	3.5W (máximo)
Índice de Protección	IP67 (Resistente al polvo y protección contra inmersión temporal en agua)
Temperatura Funcionamiento	-30° C a +60° C

Fuente: Página Megateh

Tabla 2-3. Continuación Características Técnicas Cámara IP

Características Adicionales	Resistente a condiciones meteorológicas, fácil instalación y mantenimiento.
Aplicación Diseño	Instaladas en postes estratégicos dentro del perímetro de la granja solar.

Fuente: Página Megateh

Por consiguiente, en la figura 2-5. se observa el componente físico:



Fuente: Página Megateh

Figura 2-5. Cámara Dahua HFW1230S-S5 Bullet IP Camera

- NVR: Dahua NVR5216/5232-16P-4KS2E

El NVR (Network Video Recorder) es el componente responsable de almacenar y gestionar las grabaciones de las cámaras IP. Su función principal es recibir las imágenes de video en tiempo real, almacenarlas y permitir su acceso para visualización o análisis posterior. A continuación, en la tabla 2-4. se explicarán detalles técnicos del componente:

Tabla 2-4. Características Técnicas NVR

Componente	Descripción
Modelo	Dahua NVR5216/5232-16P-4KS2E
Puertos PoE	16 puertos PoE integrados
Capacidad Cámaras	Soporta hasta 16 cámaras IP
Resolución de Grabación	Hasta 4K (3840×2160 píxeles)
Almacenamiento	Soporta hasta 2 discos duros de 6TB cada uno
Compresión de Video	H.265/H.264
Voltaje Alimentación	100 -240 V AC, 50-60 Hz
Conexión de Red	2 puertos Ethernet Gigabit
Consumo de Energía	25W (sin disco duro)
Temperatura Funcionamiento	0° C a +45° C
Acceso Remoto	Compatible con aplicaciones móviles y acceso web a través de la plataforma Dahua DSS o Smart PSS
Características Adicionales	Grabación de alta calidad en 4K, fácil acceso remoto, gestión centralizada de las cámaras, eficiente en términos de almacenamiento y alimentación
Aplicación Diseño	Instalado en lugar monitoreo, gestiona las grabaciones y proporciona acceso remoto a las cámaras y a los usuarios autorizados

Fuente: Página Dahua

En la figura 2-6. se observa el componente físico:



Fuente: Pagina Dahua

Figura 2-6. NVR Dahua NVR5216/5232-16P-4KS2E

- Antena Sectorial: Ubiquiti airMax AM-5G17-90

La antena sectorial Ubiquiti airMax AM-5G17-90 será utilizada en la torre de control para asegurar la transmisión de datos entre la red central y las antenas CPE ubicadas en los postes de vigilancia. Su función es proporcionar una cobertura inalámbrica estable en el área. A continuación, en la tabla 2-5. se explicarán detalles técnicos del componente:

Tabla 2-5. Características Técnicas Antena Torre

Componente	Descripción
Modelo	Ubiquiti airMax AM-5G17-90
Frecuencia	5 GHz
Ganancia	17 dBi
Ángulo Cobertura	90°
Alcance	Hasta 15 km (dependiendo del entorno y la potencia de la antena receptor)
Conexión	Conexión inalámbrica a través de protocolo airMax (propio de Ubiquiti)
Índice Protección	IP55 (Resistencia al polvo y al agua)
Consumo de Energía	8W
Temperatura Funcionamiento	-40° C a +70° C

Fuente: Página FullAlarms, Datasheet Ubiquiti

Tabla 2-6. Continuación Características Técnicas Antena Torre

Características Adicionales	Alta ganancia, amplia cobertura, robustez en entornos exteriores, excelente rendimiento en distancias largas
Aplicación Diseño	Instalación en la torre de control central para establecer comunicación inalámbrica con las antenas CPE en los postes de las cámaras

Fuente: Página FullAlarms, Datasheet Ubiquiti

Por consiguiente, en la figura 2-7. se observa el componente físico:



Fuente: Página FullAlarms

Figura 2-7. Antena Sectorial Ubiquiti AM-5G17-90

- Antena CPE Cliente: Ubiquiti NanoStation Loco M5

Las antenas CPE se utilizarán para crear un enlace entre las cámaras de vigilancia ubicadas en los postes y la torre de control central. Estas antenas establecerán la

comunicación inalámbrica entre los dispositivos. A continuación, en la tabla 2-7. se explicará detalles técnicos del componente:

Tabla 2-7. Características Técnicas Antena CPE Cliente

Componente	Descripción
Modelo	Ubiquiti NanoStation Loco M5
Frecuencia	5 GHz
Alcance	Hasta 1.5km
Potencia Transmisión	27 dBm (500mW)
Índice Protección	IP65 (Resistencia al polvo y al agua, adecuado para exteriores)
Fuente de Alimentación	PoE 24V, 0.5 Amp.
Consumo de Energía	6W
Temperatura Funcionamiento	-30° C a +80° C
Características Adicionales	Conexión confiable a largas distancias, ideal para exteriores, instalación sencilla y flexible
Aplicación Diseño	Instalación en los postes de las cámaras para establecer la comunicación inalámbrica con la torre de control central y el NVR

Fuente: Página Compra tecno Descripción

En la figura 2-8. se observa el componente físico:



Fuente: Página FullAlarms

Figura 2-8. Antena Ubiquiti NanoStation Loco M5

- Switch PoE Gestionable: Ubiquiti EdgeSwitch 8 150W

El Switch PoE gestionable Ubiquiti EdgeSwitch 8 150W será utilizado en la torre central para gestionar la distribución de energía y la señal de datos a las cámaras y antenas, permitiendo un control eficiente del sistema. A continuación, en la tabla 2-8. se explicará detalles técnicos del componente:

Tabla 2-8. Características Técnicas Switch Torre Control

Componente	Descripción
Modelo	Ubiquiti EdgeSwitch 8 150W
Puertos PoE	8 puertos PoE para alimentar dispositivos como cámaras y antenas
Potencia Total	150W
Velocidad Transmisión	10/100/1000 Mbps (Gigabit)
Consumo de Energía	22W (Sin dispositivos)
Temperatura Funcionamiento	-25° C a +40° C

Fuente: Página Compra tecno Descripción

Tabla 2-9. Continuación Características Técnicas Switch Torre Control

Características Adicionales	Gestión centralizada de todos los dispositivos conectados, configuración avanzada de red, eficiente en el uso de PoE y fácil instalación para redes IP
Aplicación Diseño	Instalado en la torre de control para gestionar tanto la alimentación como el tráfico de datos de cámaras y antenas PoE

Fuente: Página Compra tecno Descripción

En la figura 2-9. se observa el componente físico:



Fuente: Página Compra tecno

Figura 2-9. Switch PoE Gestionable: Ubiquiti EdgeSwitch 8 150W

- Switch en Postes: Dahua DH-PFS3006-4ET-60

El Switch Dahua DH-PFS3006-4ET-60 será utilizado en los postes del perímetro de la granja solar para gestionar la distribución de energía y la señal de datos a las cámaras y antena. A continuación, en la tabla 2-10. se explicará detalles técnicos del componente:

Tabla 2-10. Características Técnicas Switch Poste

Componente	Descripción
Modelo	Dahua DH-PFS3006-4ET-60
Puertos PoE	4 puertos PoE

Fuente: Página Compra tecno Descripción

Tabla 2-11. Continuación Características Técnicas Switch Poste

Capacidad Alimentación	60W
Conexión	10/100 Mbps Ethernet
Temperatura Funcionamiento	-10° C a +55° C
Características Adicionales	Proporciona alimentación y datos a las cámaras y antenas en los postes, resistente a condiciones meteorológicas externas, eficiente en el consumo energético.
Aplicación Diseño	Instalación en los postes de cámaras y antenas, alimentando y proporcionando conexión de red a estos dispositivos.

Fuente: Página Compra tecno Descripción

En la figura 2-10. se observa el componente físico:



Fuente: Página Compra tecno

Figura 2-10. Switch Dahua DH-PFS3006-4ET-60

- Cableado: Cat 6 Outdoor

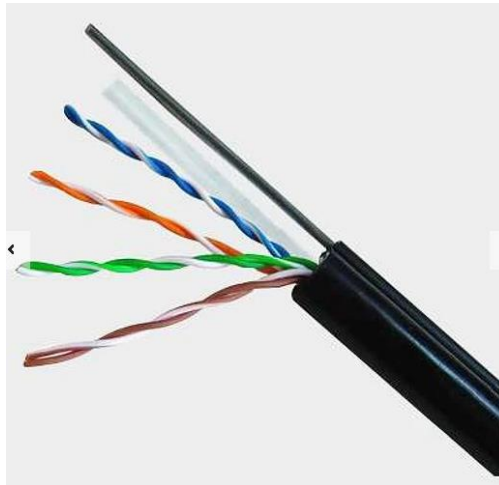
El router es un componente clave para establecer la conectividad de toda la red, permitiendo la comunicación entre los dispositivos (cámaras, NVR, antenas) y gestionando el tráfico de datos. A continuación, en la tabla 2-12. se explicarán los detalles técnicos del cableado:

Tabla 2-12. Características Técnicas Cableado

Componente	Descripción
Modelo	Cat 6 Outdoor
Tipo de Cable	Cable Ethernet de 8 hilos, diseñado específicamente para uso en exteriores, resistente a la humedad y cambios climáticos.
Capacidad de Transmisión	Hasta 10 Gbps
Material de Recubrimiento	Cableado de alta calidad con aislamiento para resistir condiciones exteriores, incluyendo temperaturas extremas y exposición al sol
Características Adicionales	Alta velocidad de transmisión, durabilidad en exteriores, protección contra interferencias y condiciones climáticas adversas.
Aplicación Diseño	Utilizado para conectar las cámaras, antenas y switches, asegurando la correcta transmisión de datos y alimentación PoE entre dispositivos en todo el perímetro del sistema.

Fuente: Página Comdiel

En la figura 2-11. se observa el componente físico:



Fuente: Página Comdiel

Figura 2-11. Cableado Cat6

2.2.5. Almacenamiento

En un sistema de videovigilancia donde se está diseñando para cubrir un perímetro de una granja solar, el almacenamiento del NVR juega un papel fundamental en asegurar que las grabaciones de las cámaras sean guardadas de manera segura y accesible para su posterior revisión con respecto a la seguridad del lugar. Debido a lo anteriormente mencionado se realizará un cálculo estimado de almacenamiento que permita que las cámaras puedan tener una reproducción de video y audio continua de alrededor de 14 días con el máximo rendimiento de resolución:

- Cálculo de almacenamiento para cámaras 1080p:

Tasa de Resolución: 1080p (1920x1080)

Tasa de Bits por cámara: 3 Mbps (Resolución 1080 con compresión H.264)

Tiempo de Grabación: 14 días

Número de cámaras: 12

En primer lugar, se convertirá la tasa de Mbps a MBps (recordando que 1 byte son 8 bits)

$$3 \text{ Mbps} \times \frac{1 \text{ byte}}{8 \text{ bits}} = 0,375 \text{ MBps}$$

Luego, para calcular el almacenamiento que tiene cada cámara por día, se realiza de la siguiente manera:

$$0,375 \text{ MBps} \times 60 \text{ s} \times 60 \text{ min} \times 24 \text{ h} = 32,4 \text{ GB por día}$$

Por consiguiente, se realiza el cálculo de cada cámara por 14 días:

$$32,4 \text{ GB} \times 14 \text{ días} = 453,6 \text{ GB}$$

Debido a que los 453,6 GB son por cada cámara en 14 días, realiza el cálculo total de las 12 cámaras diseñadas lo cual se observa a continuación:

$$453,6 \text{ GB} \times 12 \text{ cámaras} = 5.443,2 \text{ GB}$$

Es decir, se necesitará un almacenamiento de aproximadamente 5,44 TB para que las cámaras puedan grabar continuamente por 14 días.

Por lo cual se utilizará un almacenamiento del tipo disco duro con 6 TB permitiendo utilizar las cámaras continuamente durante 14 días con una resolución optima de 1080p, permitiendo compatibilizar con el NVR que permitía hasta 2 discos duro de 6 TB.

El cálculo del almacenamiento necesario se realizó considerando un período de 14 días en lugar de un mes, con el fin de optimizar la utilización del espacio de almacenamiento disponible. Esta decisión se fundamenta en la idea de que las grabaciones pueden ser gestionadas y analizadas dentro de un marco temporal más corto, lo que también permite un análisis más ágil y una rotación eficiente de los datos.

Disco Duro Wd Purple 6TB

- Capacidad: 6 TB Almacenamiento
- Diseño: Especialmente diseñados para sistemas de vigilancia. Ideal para cargas constantes.
- Soporta hasta 64 cámaras.
- Tecnología AllFrame que mejora la confiabilidad y rendimiento en sistemas de grabación de videos.

En la figura 2-12. se observa el componente físico:



Fuente: Página Ramtech

Figura 2-12. Disco Duro Wd Purple 6TB

2.2.6. Velocidad Internet

Con respecto a la velocidad de internet que se necesitará para poder monitorear las 12 cámaras IP de forma remota, tanto en visualización en vivo como acceso a grabaciones a través de la red, se realizan los siguientes cálculos:

- Cantidad de Cámaras: 12 cámaras IP
- Resolución de las Cámaras: 1080p
- Compresión: H.264

- Tasa bits promedio por cámara: 3 Mbps

Cálculo de ancho de banda requerido por cámara:

Para monitorear las cámaras de forma remota, se necesita saber cuánto ancho de banda utiliza cada cámara. En promedio, cada cámara de 1080p con compresión H.264 consume alrededor de 3 Mbps de ancho de banda para transmisión en vivo.

Por lo cual para calcular el ancho de banda para la totalidad de las cámaras se realizaría el siguiente cálculo:

$$\text{Ancho de banda total} = 3 \text{ Mbps} \times 12 \text{ cámaras}$$

$$\text{Ancho de banda total} = 36 \text{ Mbps}$$

Entonces, para monitorear todas las cámaras en tiempo real desde un dispositivo remoto se necesitará de 36 Mbps de ancho de banda de subida, ya que el tráfico de video desde las cámaras va hacia el NVR y luego se retransmite hacia el monitor. De todas formas, como recomendación se podría usar un ancho de banda mayor que estuviera entre los 50-100 Mbps de subida debido a mayores requerimientos, como ver 3 cámaras en simultaneo o agregar más dispositivos o usuarios que puedan visualizar las video reproducciones del recinto solar.

2.2.7. Materiales Constructivos

Respecto al diseño constructivo donde se realizará la instalación del sistema de vigilancia perimetral a través de las cámaras IP, se debe llevar a cabo la selección de los materiales a utilizar durante todo el proceso de construcción, planificación y diseño del sistema de seguridad, por lo cual a continuación se describirá detalle a detalle todos los materiales a utilizar de manera explícita:

- Poste de Sujeción para antena sectorial y switch

Material: Acero Galvanizado Cónico

Altura: Para antena sectorial se utilizará de 6 metros

Peso: 52 kg

Espesor: 3mm

Se puede observar en la figura 2-13. donde dicho material contiene la tapa que es fijada a piso en conjunto con sus pernos de sujeción:



Fuente: Página Verluz

Figura 2-13. Poste Cónico Acero Galvanizado 6m

- Poste de Sujeción para cámaras y antenas

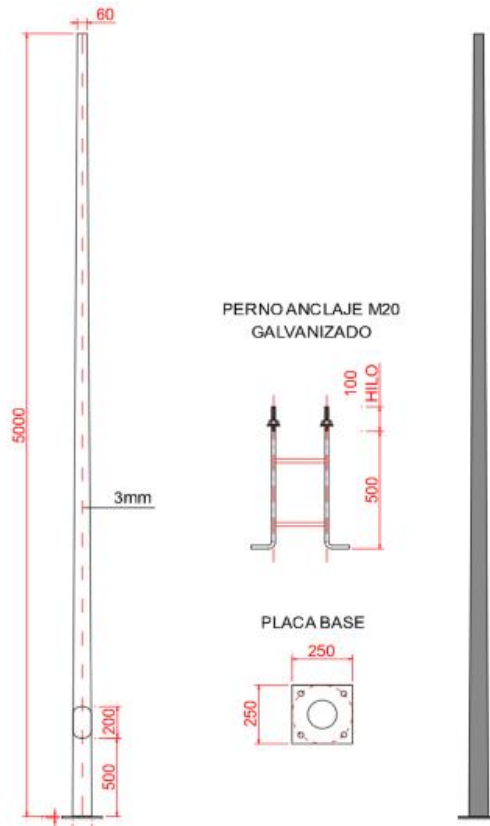
Material: Acero Galvanizado Cónico

Altura: Para sistemas de vigilancia alrededor de 4-5 metros de altura

Peso: 42 kg

Espesor: 3mm

Se puede observar en la figura 2-14. donde dicho material contiene la tapa que es fijada a piso en conjunto con sus pernos de sujeción:



Fuente: Página BRCingenieria

Figura 2-14. Poste Cónico Acero Galvanizado 5m

- Gabinete Tablero Metálico

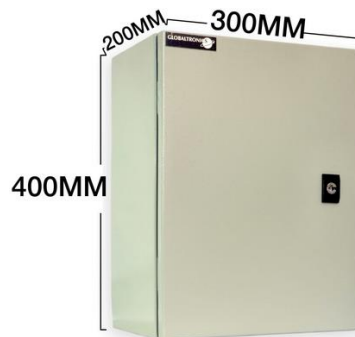
Material: Chapa de acero carbónico

Índice Protección: IP65

Peso: 6,1 kg

Medidas: 400mm x 300mm x 200 mm

Se puede observar en la figura 2-15. donde dicho material contiene la tapa que es fijada a piso en conjunto con sus pernos de sujeción:



Fuente: Página Ferrelectrica

Figura 2-15. Gabinete Tablero Metálico

Respecto a la alimentación eléctrica de cada gabinete que estará instalado en cada poste donde se ubicaran las cámaras, se realizara de la siguiente manera:

De acuerdo con la canalización que se realizará desde la sala de control de los paneles solares para la respectiva alimentación de cada gabinete enterrada en el suelo será del tipo Tubería PVC tipo Conduit de 25mm de diámetro, como se puede observar en la figura 2-16. Permite llegar desde la sala de control que contiene electricidad hasta cada poste que contiene el gabinete.



Fuente: Pagina Ferrelectrica

Figura 2-16. Tubería PVC Conduit 25mm

Por consiguiente, a la canalización se distribuyen cajas de derivación metálicas 100mm x 65mm x 65mm, se puede visualizar en la figura 2-17. tanto para cubrir los conexiones de las cámaras a través del sistema de alimentación PoE como también la alimentación eléctrica que llega al poste, para poder continuar con canalización metálica hacia el gabinete:



Fuente: Página Construmart

Figura 2-17. Caja Metálica

Para continuar con la canalización hasta el tablero se utiliza canalización emt 25mm debido a que permite cumplir con los aspectos técnicos en la intemperie, se logra visualizar en la figura 2-18.:



Fuente: Página Electricidad Guzman

Figura 2-18. Canalización emt

La alimentación eléctrica de cada gabinete se realiza mediante la canalización antes mencionada con cable libre de halógenos de $2,5\text{mm}^2$ para postes cercanos a 50m desde la sala de control o cable libre de halógenos de 4mm^2 para distancias mayores a 50m. De acuerdo con las normativas eléctricas se deben tener en consideración que se utilizan 3 cables de colores Rojo, Blanco y Verde respectivamente para Fase-Neutro y Tierra con respecto a alimentación eléctrica de cualquier artefacto. En la figura 2-19. se puede visualizar los cables que se utilizarán en el diseño del sistema de vigilancia.



Fuente: Mercado Libre

Figura 2-19. Cableado Eléctrico

Para continuar, los materiales que se han mencionado anteriormente son algunos de los que se utilizarán en el diseño del sistema de vigilancia a través de cámaras IP, sin embargo, se estiman accesorios que son de vital importancia tanto para la construcción, planificación y diseño del proyecto en la granja solar. En la tabla 2-13. se presentan los accesorios, componentes y distintos materiales que forman parte del diseño permitiendo cumplir de buena forma con la instalación del sistema de vigilancia.

Tabla 2-13. Accesorios y materiales

Categoría	Material o Accesorio	Descripción
Estructura y Montaje	Tornillos de Acero Inoxidable	Tornillos para fijación de antenas, cajas metálicas y gabinetes.
	Sujeción para EMT	Abrazaderas para sujetar canalización emt a estructura.
	Prensaestopas	Permite entrada a tablero como a cajas metálicas
	Tubería flexible 25mm	Conduit flexible metálico para canalización más complejas
Componentes Eléctricos	Interruptor Termomagnético 10 A	Interruptor automático para proteger los componentes de sobrecargas o cortocircuito.
	Protector Diferencial 2x25A 30 mA	Interruptor que permite proteger a los componentes de fallas a masa.
	Enchufe 220 V AC	Enchufe que permite la alimentación del switch.
Monitoreo y Control	Monitor para NVR (21")	Monitor LCD o Led para visualización de cámaras.
	Soporte para monitor	Soporte de pared o escritorio para monitor.
	Ratón y Teclado	Control del sistema NVR para visualizar y gestionar las cámaras.
Otros accesorios	Conector RJ45	Conexión de cámaras, antenas y switch PoE.
	Concreto para anclaje de postes	Concreto de alta resistencia para la fijación de postes al suelo.

Fuente: Diseño de la instalación

2.3. PREPARACIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL DISEÑO

Antes de realizar la instalación del sistema de vigilancia a través de cámaras IP se debe realizar una inspección detallada del terreno y la ubicación donde se instalarán los postes con las cámaras y antenas.

Con la inspección realizada al terreno donde se ubicarán los postes dentro del perímetro del recinto donde se encuentra la granja solar, se definió cual será la ubicación de cada postación permitiéndose identificar en la figura 2-20.



Fuente: Google Maps y Paint

Figura 2-20. Ubicación Postes en Granja Solar

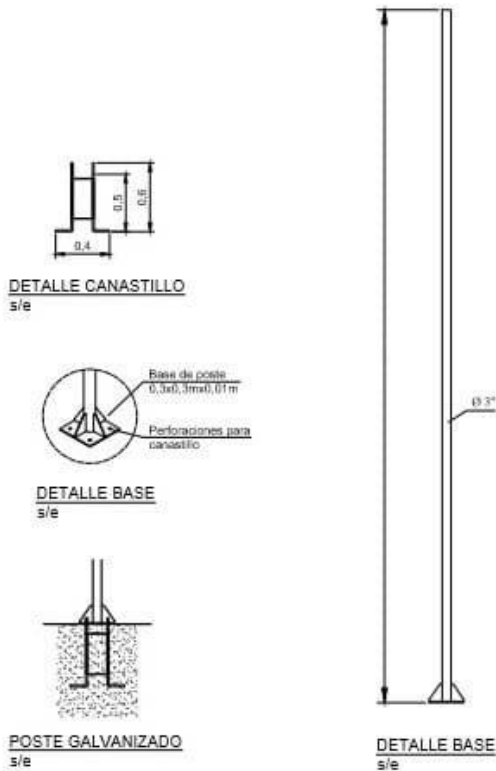
Posterior a tener bien definida la ubicación de los postes en la granja solar como también el poste que se instalará cerca de la casa donde se ubicarán el monitoreo de control de las cámaras, de la siguiente manera:

En primer lugar, se realizará una marcación en el suelo, permitiendo tener la distancia adecuada de los postes para que pueda cubrir todo el perímetro de la granja solar.

En segundo lugar, se deben ejecutar las excavaciones para cavar los agujeros donde se realizará el cimiento donde se anclarán los postes, siendo una recomendación del cimiento de 60cm de largo x 60cm de ancho x 100 cm de profundidad para los postes que mantendrán las antenas y cámaras.

En tercer lugar, se realiza el cimiento permitiendo instalar la fijación que contienen los postes, de manera que después de 24 a 48 horas permita fijar los postes al suelo.

En cuarto lugar, después de 24 a 48 horas se realiza la fijación de los postes al suelo a través de su placa. Tomar en consideración que en cuando se realiza el cimientto se debe dejar el soporte lo más equilibrado posible de manera que el poste quede alineado de manera uniforme. Se puede evidenciar en la figura 2-21. cómo se realiza la instalación del poste:



Fuente: Natura Energy

Figura 2-21. Instalación Poste Cónico

Cuando se ubican los postes donde se instalarán las cámaras, se realiza la excavación respectiva a través del perímetro de la granja solar, permitiendo realizar la canalización eléctrica del recinto de manera de poder alimentar cada postación con energía eléctrica, por la cual ayudará a mantener con energía los componentes a instalar como lo son los switches y a través de él las respectivas cámaras como también las antenas respectivas.

Por lo cual se realiza las excavaciones correspondientes a cada postación, a través del perímetro instalando la canalización de tubería Conduit de 25mm con sus respectivos cables de alimentación de 2,5mm² y 4mm² para los lugares mas alejados debido a la pérdida de voltaje durante el transito del terreno por propiedades térmicas, de aislación, entre otros.

Después que se realicen la alimentación eléctrica desde la sala de control de la granja solar a los postes donde se fijarán las cámaras y antenas, ya con la alimentación que llega hasta el poste designado, se puede realizar la conexión de los respectivos gabinetes, por lo cual se realizará de la siguiente manera:

Con la respectiva alimentación de cada postación, se realizará una instalación de una caja de derivación emt permitiendo el empalme del gabinete a instalar con la respectiva caja de derivación antes mencionada, permitiendo realizar el conexonado y alimentación eléctrica del tablero a través de protecciones termomagnética y protector diferencial ante un respectivo enchufe.

El enchufe permitirá la alimentación del switch, el cual permitirá la alimentación y transmisión de datos de las cámaras y antenas, permitiendo la comunicación con la respectiva central a través de la antena sectorial y switch.

Para continuar, se ejecuta el montaje de las cámaras Dahua HFW1230S-S5 que se instalarán en la parte superior de los postes, asegurando que estén orientadas en el ángulo adecuado. Los ángulos en que se instalarán las cámaras serán de 90°, permitiendo una orientación vertical y horizontal a los postes de manera que se puedan visualizar los cercos del perímetro, obteniendo una gran visión de cualquier acción de los intrusos. La tercera cámara instalada en cada poste se realizará un enfoque directo a los paneles de manera de obtener una visualización directa permitiendo una visión de cualquier movimiento que realice, obteniendo una alerta según la configuración de las respectivas cámaras. Se debe asegurar que las cámaras estén firmemente sujetas al soporte, utilizando tornillos adecuados verificando el enfoque y la orientación de las cámaras para obtener una cobertura óptima.

Posterior a la instalación de las cámaras de cada poste que se mantiene dentro del perímetro de la granja solar, se contempla el montaje de las antenas Ubiquiti NanoStation Loco M5 en el poste, asegurándose que apunten hacia el lugar donde se instalará la respectiva antena sectorial y que tengan línea vista de ella, permitiendo la comunicación inalámbrica ideal para la transmisión de datos de las cámaras.

En la figura 2-22. se puede visualizar un ejemplo de la instalación de cámaras y antenas en cada postación:



Fuente: Tecno Seguro

Figura 2-22. Instalación antenas y cámaras

A continuación, se procede con el cableado de las antenas y cámaras por lo cual, desde cada cámara se lleva el cable Cat 6 outdoor al poste o estructura donde se encuentra el switch Dahua DH-PFS3006-4ET-60, siendo en este caso al interior del gabinete a través de canalización con el fin de proteger los cables de la exposición a las condiciones climáticas.

Por consiguiente, en cada poste se conecta el cable de cada cámara y antena al switch Dahua, asegurando que el switch esté alimentado correctamente. En el caso de los switches que soportan PoE (como lo es el switch Dahua DH-PFS3006-4ET-60), no se necesita cables adicionales para la alimentación de las cámaras, ya que se alimentan a través del cable de red. Debido a que cada gabinete ya se encuentra energizado con sus respectivas protecciones que alimentarán el switch a través del enchufe, es posible mantener el switch conectado a alimentación.

Después de realizar el conexionado de todas las antenas y cámaras con sus respectivos switch en cada poste, se permite realizar la instalación de la antena sectorial en el poste situado cerca de la zona de monitoreo. Para esto se debe montar la antena Ubiquiti AirMax Sector AM-5G17-90 en el poste con el respectivo soporte que incluye la antena, asegurando de que esté firmemente fijada.

Luego, se realiza el conexionado de la antena al switch con el cable de red cat6. Este switch cuenta con el sistema PoE por lo que permite suministrar la alimentación y transmisión de datos a la antena por parte de las antenas receptoras (cliente). Después de haber fijado y conectada, se procede a orientar la antena en el ángulo adecuado permitiendo asegurar una buena cobertura y comunicación con las antenas CPE Cliente. El switch se conecta a un router o modem de Internet en la sala de control para proveer acceso remoto al sistema.

En la central de monitoreo se conecta desde el switch principal Ubiquiti EdgeSwitch 8 150W que se encuentra en la sala de control, un cable Cat 6 que llevará la señal de datos al NVR el cual permite mantener las grabaciones de las cámaras IP.

El NVR debe estar conectado a este switch para que las cámaras IP (conectadas a otros switches en los postes) puedan enviar las grabaciones al NVR. Los cables de Cat 6 son utilizados para transportar datos y, en algunos casos, PoE para alimentar las cámaras.

El NVR tiene salidas para conectar un monitor a través de un puerto HDMI o VGA. Usa un cable adecuado para conectar el NVR al monitor que permitirá visualizar las cámaras en tiempo real.

Una vez realizadas las conexiones de red desde la antena sectorial hasta el switch, este último permite la conexión directa con el NVR, lo que posibilita el registro y visualización de las grabaciones mediante el monitor correspondiente. Todos los componentes involucrados deben estar alimentados eléctricamente para asegurar el correcto funcionamiento y una conectividad estable con la antena sectorial y los demás dispositivos asociados. Previo a su conexión a la red eléctrica, estos equipos serán alimentados a través de una UPS, lo cual proporciona respaldo energético en caso de interrupciones de suministro eléctrico, asegurando así la continuidad de la comunicación inalámbrica con las cámaras.

Por consiguiente, quedan agregar los accesorios de mando correspondientes al mouse y teclado al NVR permitiendo una mejor adaptabilidad con el registro de grabaciones de las cámaras.

Los accesorios y las estructuras donde quedarán el monitor como también el switch, router de internet externo y NVR deben ser de fácil acceso, un lugar seguro y con temperatura ambiente de manera que pueda tener un rendimiento adecuado de los equipamientos.

De igual manera y no menos importante se debe realizar el desarme de la tapa inferior del NVR, de manera de conectar el disco duro de almacenamiento del dispositivo para poder guardar las grabaciones de las cámaras de vigilancia.

2.4. CONECTIVIDAD CÁMARAS IP A LA RED

La conexión de las cámaras al NVR en un sistema de videovigilancia basado en cámaras IP se realiza a través de la red de datos (Ethernet o Wi-Fi), utilizando las direcciones IP asignadas a cada cámara.

Para facilitar la conexión y gestión de las cámaras, el NVR debe ser capaz de comunicarse con las cámaras mediante Protocolo de Internet (IP). A continuación, se explica el proceso detallado de cómo conectar las cámaras IP al NVR de acuerdo con las direcciones IP.

En primer lugar, se debe configurar la IP estática de cada cámara, por lo cual a través de una computadora local se debe conectar a la misma red local (LAN), donde se conectarán las cámaras y el NVR.

En segundo lugar, se debe acceder a la cámara mediante su dirección IP predeterminada. Se puede encontrar en el manual o por medio de una herramienta de búsqueda de IP de la cámara. Por lo cual si la cámara está usando la IP por defecto (ej. 192.168.1.100), se debe abrir el navegador web y escribir la dirección en la barra de direcciones.

Una vez se accede, se debe introducir las credenciales de administrador, como el nombre de usuario y la contraseña. Generalmente son de fábrica “admin” para ambas configuraciones por lo cual para una mayor seguridad se recomienda por parte del fabricante cambiar el usuario y contraseña de cada cámara.

Para poder cambiar la IP estática de cada cámara se debe:

- Dirigirse a la sección de configuración de Red o Network de la cámara.
- Busca las opciones de configuración de IP y selecciona la opción de IP estática.
- Ingresar los siguientes datos:

IP: Asignar una IP única para cada cámara dentro del rango de la subred.

Ejemplo:

- Cámara 1: 192.168.1.101
- Cámara 2: 192.168.1.102
- Cámara 3: 192.168.1.103
- Cámara 4: 192.168.1.104
- Cámara 5: 192.168.1.105
- Cámara 6: 192.168.1.106
- Cámara 7: 192.168.1.107
- Cámara 8: 192.168.1.108
- Cámara 9: 192.168.1.109
- Cámara 10: 192.168.1.110
- Cámara 11: 192.168.1.111
- Cámara 12: 192.168.1.112

Máscara de subred: Generalmente será 255.255.255.0.

Puerta de enlace (Gateway): La IP del router o dispositivo que conecta la red local a Internet. Por ejemplo: 192.168.1.1

- A continuación, guardar los cambios y reiniciar la cámara si es necesario. La configuración de las IP se debe realizar a las 12 cámaras instaladas con su respectiva IP designada en unos puntos anteriormente mencionados.
- Para mayor seguridad después de reiniciar la cámara, verificar que la nueva IP esté activa escribiendo la IP asignada en la barra de direcciones del navegador.

Luego de haber realizado el cambio de configuración IP de cada cámara, se debe conectar cada cámara al switch PoE usando cables Ethernet Cat 6. Asegurarse de que cada cable esté bien conectado a un puerto libre del switch PoE.

De igual manera usando otro cable Ethernet Cat6, conectar un puerto libre del switch PoE de la sala de control y monitoreo a un puerto Ethernet del NVR. Esto permitirá que todas las cámaras se comuniquen con el NVR a través de la misma red local a través de las antenas ubicadas en los postes de manera de tener la conectividad de manera inalámbrica de la transmisión de datos de las cámaras.

Una vez conectadas las cámaras al NVR a través del switch, es necesario agregar las cámaras a la configuración del NVR para que puedan grabar y visualizarse en tiempo real.

Para configurar las cámaras en el NVR, se debe mantener conectado al monitor de manera de acceder a la interfaz grafica del NVR directamente desde la pantalla. Luego una vez dentro de la interfaz del NVR, buscar en el menú de configuración de cámaras. Se puede encontrar en la opción de "Administración de cámaras" o "Configuración de cámaras", dentro del menú del NVR.

Con respecto a los NVR modernos, contienen la opción de detectar automáticamente las cámaras conectadas en la red, de todas formas, si no se encuentra esta función, se debe seleccionar la opción "Buscar" o "Detectar" para que el NVR busque las cámaras conectadas a la misma red. Las cámaras deberían aparecer con sus respectivas direcciones IP en la lista de cámaras disponibles.

Si el NVR no detecta las cámaras automáticamente, se agrega manualmente ingresando la dirección IP de la cámara, el puerto que generalmente es el puerto 80 por defecto, como también el usuario y contraseña de la cámara.

Esto permitirá que el NVR se conecte a la cámara.

Asegurarse de que las cámaras se estén mostrando correctamente en la interfaz del NVR.

Luego, una vez que las cámaras están conectadas al NVR, se configura como las cámaras grabarán y cómo se verán en el monitoreo.

Para poder realizar la configuración de grabación de las cámaras de manera continua o activarse según detecta algún movimiento o también según horarios específicos. Mantener en

consideración que el disco duro del NVR se estimó para que las cámaras estén funcionando de forma continua por alrededor de 14 días.

A continuación, se debe ajustar la calidad de grabación de las cámaras, la cual será a 1080p de resolución.

Las cámaras estarán disponibles en el NVR para monitorearlas en tiempo real. En el NVR se puede configurar las vistas en cuadrícula (cuántas cámaras se muestran a la vez en el monitor).

Opcionalmente, para facilitar el monitoreo a través de un dispositivo externo, se puede instalar la aplicación móvil correspondiente al fabricante del NVR.

Manteniendo la aplicación descargada se pueden ingresar las credenciales del NVR, incluyendo la dirección IP pública de la red como también el puerto para acceder a las cámaras desde tu dispositivo móvil.

2.5. RESPALDO ENERGÉTICO

Para asegurar que el sistema de seguridad perimetral funcione de manera continua y sin interrupciones, es crucial contar con un respaldo energético adecuado. Esto no solo garantiza el funcionamiento durante fallos de energía, sino que también ayuda a preservar la integridad del sistema en todo momento. Con respecto a la instalación general, el sistema de energía estará respaldado por la misma granja solar, lo que proporciona una fuente de energía renovable y confiable. Sin embargo, aún es necesario tener un sistema de respaldo de energía ininterrumpida (UPS) para garantizar que todos los componentes clave (NVR, switch, monitor) continúen operando de manera efectiva durante cualquier corte de energía o fluctuaciones en el suministro eléctrico.

Por lo cual, para dimensionar correctamente la UPS, es necesario considerar la potencia de los equipos que se van a conectar y el tiempo de respaldo requerido. La UPS debe ser capaz de mantener funcionando los equipos principales (NVR, switch, monitor) durante un corte de energía temporal.

Para determinar la capacidad necesaria de la UPS, primero se debe calcular la potencia que consume cada uno de los equipos a respaldar:

NVR (Dahua NVR5216/5232-16P-4KS2E):

Potencia aproximada: 30W.

Switch PoE (Ubiquiti EdgeSwitch 8 150W):

Potencia aproximada: 50W.

Monitor:

Potencia aproximada: 40W

$$Total\ Potencia = 30W + 50W + 40W$$

$$Total\ Potencia = 120W$$

El siguiente paso es calcular el tiempo que la UPS debe ser capaz de soportar estos equipos durante un corte de energía. Se desea que la UPS respalde estos equipos por al menos 2 horas, de manera que sea un tiempo acorde y económico relacionado al ahorro monetario del cliente.

El cálculo aproximado de la capacidad necesaria es:

Para calcular la capacidad de la UPS, se utilizará la siguiente fórmula:

$$Potencia\ UPS\ (VA) = \frac{Potencia\ Total}{Factor\ de\ Potencia}$$

Un factor de potencia de alrededor de 0.7 o 0.8:

$$Potencia\ UPS\ (VA) = \frac{120W}{0.75}$$

$$Potencia\ UPS\ (VA) = 160\ VA$$

Para asegurar de que la UPS tiene suficiente capacidad para manejar la carga y además tiene margen de seguridad, se opta por una UPS de 500 VA o 1 kVA, que es una capacidad adecuada para este tipo de instalación. La UPS designada es de 600 VA con un máximo de 4 tomas de la marca Dahua con el fin de que los componentes sean compatibles.

Para mantener un respaldo energético completo, además de incluir una UPS que permita cubrir a los componentes primordiales como el NVR, Switch y Sistemas de Monitoreo, se adicionará una UPS para cada postación donde se encuentren las cámaras, así permitiendo establecer un monitoreo continuo ante cualquier falla del suministro eléctrico, respaldando

cualquier tipo de información hacia la central de monitoreo. Con respecto a la instalación, serán incluidas dentro de un gabinete con su respectiva ventilación de acuerdo con criterios de temperatura de funcionamiento. En la figura 2-23. se puede evidenciar el componente como también el gabinete a utilizar:



Fuente: Página Ramtech y Comdiel

Figura 2-23. Gabinete y UPS

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN

3. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN

La protección de granjas solares mediante sistemas de seguridad es esencial para asegurar la continuidad operativa de estas instalaciones y prevenir pérdidas económicas. A continuación, se presentan los aspectos económicos del diseño de un sistema de vigilancia perimetral basado en cámaras IP Dahua con tecnología Power over Ethernet (PoE), configurado para operar en un sistema de comunicación punto a multipunto. Este análisis abarca cuatro áreas fundamentales: desglose de costos del proyecto, análisis de flujo de caja y sensibilidad del proyecto adicionalmente a las recomendaciones para sistemas complementarios.

3.1. COSTOS GENERALES DE LA INSTALACIÓN

Para el diseño de cualquier tipo de proyecto de infraestructura tecnológica, es fundamental realizar un presupuesto detallado que permita identificar y calcular todos los gastos asociados de acuerdo con la instalación. En este caso, el análisis económico se centrará en la instalación de un sistema de seguridad perimetral para una granja solar, con el propósito de evaluar su viabilidad económica y asegurar una ejecución eficiente y efectiva.

El presupuesto comprende varios aspectos clave que deben considerarse para garantizar el éxito del proyecto, tales como:

- Componentes, equipos y materiales estructurales: Incluyendo cámaras de vigilancia, antenas, switch POE, cableado, estructura, entre otros.
- Elementos eléctricos: gabinetes, cableado eléctrico, canalización, UPS, entre otros.
- Gastos generales: Incluyen transporte, imprevistos y otros costos indirectos relacionados con la ejecución del proyecto.
- Mano de obra: Contratación de personal técnico y especializado para la instalación y configuración del sistema, como ingenieros y técnicos en control e instrumentación, así como operarios para la instalación de la infraestructura como también electricistas.

De acuerdo con el análisis preliminar, los componentes y la mano de obra representan los mayores costos dentro del presupuesto, ya que son esenciales para garantizar la calidad y el rendimiento del sistema de seguridad.

3.1.1. Costos Generales

Para todos los efectos del presente análisis de costos generales, la UF a considerar corresponde a la del día 29 de diciembre de 2024, cuyo valor es de UF 38.411,74.

Cada componente ha sido seleccionado considerando criterios como eficiencia, compatibilidad y costos. La tabla 3-1. presenta un desglose de los componentes, equipos y materiales requeridos con su respectivo costo estimado de acuerdo con cotizaciones en tiendas como Ramtech, Redcetus, Virec y Brccingenieria como se puede apreciar a continuación:

Tabla 3-1. Componentes, equipos y materiales estructurales

Descripción	Cantidad	Valor Unitario en UF	Valor Total en UF
Cámara Dahua HFW1230S-S5 Bullet IP Camera	12	1,12	13,49
NVR Dahua NVR5216/5232-16P-4KS2E	1	6,20	6,20
Antena Sectorial Ubiquiti airMax AM-5G17-90	1	2,70	2,70
Antena CPE Cliente Ubiquiti NanoStation Loco M5	4	2,13	8,51
Switch PoE Ubiquiti EdgeSwitch 8 150W	1	7,47	7,47
Switch PoE Poste Dahua DH-PFS3006-4ET-60	4	1,01	4,03
Cable UTP Dahua® CAT6 Exterior 305m	1	3,95	3,95
Disco Duro 6 TB Videovigilancia WD Purple	1	4,68	4,68
Poste Cónico Acero Galvanizado 6m	1	4,30	4,30
Poste Cónico Acero Galvanizado 5m	4	3,50	14,00
		Subtotal	69.33

Fuente: Ramtech, RedCetus, Virec y Brccingenieria

A continuación, se presentan los materiales eléctricos necesarios, teniendo en cuenta criterios como capacidad, seguridad y cumplimiento con las normativas vigentes. Los elementos seleccionados han sido diseñados para operar en condiciones al aire libre, considerando la ubicación de la granja solar y su exposición a factores climáticos. En la tabla 3-2. se evidencian lo necesario para permitir mantener con alimentación eléctrica a los componentes primordiales de la instalación, aquellos implementos que se presentaran a continuación se cotizaron en las tiendas como Rhona, Ferrelétrica, Electrosmall, Sodimac y Mercado Libre:

Tabla 3-2. Materiales Eléctricos

Descripción	Cantidad	Valor Unitario en UF	Valor Total en UF
UPS Dahua 600VA 350W 4 Tomas	5	1,28	6,41
Gabinete Tablero Metálico 400x300x200mm	5	1,00	5,01
Gabinete Mural Exterior 9U 19" 60x80cm Serie OA	4	9,48	37,91
Tubería PVC Conduit 25mm x3m	50	0,02	1,13
Caja Metálica 100x65x65mm	20	0,03	0,52
Conduit Galvanizado 25mm x 3m	10	0,14	1,36
Cable libre de halógenos (H07Z1K) 4mm ² 100 m rojo	1	1,70	1,70
Cable libre de halógenos (H07Z1K) 4mm ² 100m blanco	1	1,70	1,70
Cable libre de halógenos (H07Z1K) 4mm ² 100 m verde	1	1,70	1,70
Cable libre de halógenos (H07Z1K) 2,5mm ² 100 m rojo	1	1,20	1,20
Cable libre de halógenos (H07Z1K) 2,5mm ² 100m blanco	1	1,20	1,20
Cable libre de halógenos (H07Z1K) 2,5mm ² 100 m verde	1	1,20	1,20
		Subtotal	61,04

Fuente: Rhona, Ferrelétrica, ElectroSmall, Sodimac y Mercado Libre

Con respecto a los componentes, materiales y equipos que componen la instalación, se presentan materiales de menor costo pero que cumplen parte vital para la estructura, montaje y

funcionamiento de los sistemas de seguridad a través de cámaras de vigilancia como son los materiales que se evidencia en la tabla 3-3. que han sido cotizados en tiendas como Sodimac, Ramtech, Pc Factory, entre otras:

Tabla 3-3. Materiales de Ferretería

Descripción	Cantidad	Valor Unitario en UF	Valor Total en UF
Ferretería (Tornillos, Prensaestopas, Abrazaderas)	1	1,13	1,13
Ferretería (Tuberías, Interruptores, Enchufes, Protector Diferencial, Conector RJ45)	1	2,44	2,44
Monitoreo (Monitor, Soporte Monitor, Ratón, Teclado)	1	2,53	2,53
Ferretería Estructural (Hormigón Armado)	1	0,45	0,45
		Subtotal	6,55

Fuente: Sodimac, Ramtech, Pc Factory

Además de los costos directos relacionados con los materiales, componentes y mano de obra, es fundamental considerar los gastos generales que surgen al momento de realizar cualquier tipo de proyecto relacionado a sistemas de seguridad a través de cámaras de vigilancia. Estos gastos incluyen aspectos logísticos, maquinarias y contingencias que son necesarios para asegurar el desarrollo y la finalización exitosa del proyecto.

Los gastos generales comprenden desde el transporte, almacenamiento de los materiales hasta maquinarias y costos asociados a imprevistos que puedan surgir en el proceso de instalación. Considerarlos permite obtener una visión más precisa del presupuesto total requerido y minimizar riesgos financieros a lo largo del proyecto. De acuerdo con los valores establecidos a arriendo de maquinarias se realizó una estimación de acuerdo con valores del mercado.

A continuación, en la tabla 3-4. se presenta un desglose de los principales gastos generales estimados:

Tabla 3-4. Gastos Generales

Descripción	Valor hora	Valor Unitario en UF	Valor Total en UF
Logística (Transporte de materiales, equipos y componentes)	1	3,12	3,12
Maquinaria (Camión Pluma)	5	1,04	5,21
Maquinaria (Retroexcavadora)	4	0,78	3,12
		Subtotal	11,45

Fuente: Google, Mercado Libre

Con respecto a todos los materiales, equipos y gastos generales se puede evidenciar en la tabla 3-5. los gastos totales con respecto a costos generales de la instalación:

Tabla 3-5. Costos Generales de Instalación

Descripción	Subtotal en UF	Valor Total en UF
Componentes, equipos y materiales estructurales	69,33	69,33
Materiales Eléctricos	61,04	61,04
Materiales de Ferretería	6,55	6,55
Gastos Generales	11,45	11,45
	Total	148,37

Fuente: Tablas de Gastos de Materiales

De acuerdo con los gastos totales de materiales de la instalación se reflejan en un total de 148,37 UF, contemplando que, para todos los efectos del presente análisis de costos, la UF a considerar corresponde a la del día 29 de diciembre de 2024, cuyo valor es de UF 38.411,74.

3.1.2. Mano de Obra

Dentro de los puntos más importantes respecto al diseño del proyecto como el presupuesto para la instalación es la mano de obra, ya que son las personas que permiten llevar a cabo todo tipo de ejecución de un diseño.

Dentro de las personas referidas a realizar todo tipo de instalación son:

- Técnico Universitario Electricidad: encargado de la instalación del sistema eléctrico incluyendo las cámaras, antenas y sistema de monitoreo.
- Ayudante Estructural: encargado de la instalación, fijación de postes y estructuras para las cámaras, sensores, entre otros.
- Técnico en Energías Renovables: encargado de la programación y calibración de las antenas, cámaras y sistema de monitoreo.
- Ingeniero (E) en Control e Instrumentación Industrial: encargado de supervisar la instalación técnica de los equipos, componentes y sistema eléctrico, asegurándose que el sistema de control esté funcionando correctamente y de acuerdo con el diseño.

Respecto a lo anteriormente mencionado, en la tabla 3-6. se presenta el presupuesto de mano de obra de cada personal catalogado para la realización del proyecto, manteniendo como referencia a las páginas de Chile trabajos, talent y computrabajo por la cual permitió entregar una estimación diaria salarial con respecto a las distintas áreas de trabajo:

Tabla 3-6. Mano de Obra

Personal Calificado	Días	Pago por Día en UF	Valor Total en UF
Técnico Universitario en Electricidad	10	0,96	9,63
Ayudante Estructural	5	0,52	2,60
Técnico Universitario en Energías Renovables	8	1,30	10,41
Ingeniero (E) en Control e Instrumentación Industrial	16	1,89	30,24
		Total	52,88

Fuente: Tablas de Gastos de Materiales

De acuerdo con lo anteriormente señalado, se pueden estimar un proyecto de alrededor de 16 días desde el día de la propuesta, preparación de terreno, instalación eléctrica como de componentes hasta la configuración de aquellos componentes antes mencionados, como se evidencia en la tabla 3-7.

Tabla 3-7. Carta Gantt

	Días															
Descripción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Revisión de Terreno y Planificación																
Marcado y Fijación de Postes Estructurales																
Instalación de Estructuras para Cámaras y Antenas																
Canalización de Ductos Eléctricos																
Instalación de Cableado Eléctrico y de Red																
Montaje de Gabinetes y NVR																
Instalación de Switch PoE y puntos de red																
Instalación y Orientación de Antenas																
Instalación de Cámaras IP en Postes																

Fuente: Planificación Proyecto

Tabla 3-8. Continuación Carta Gantt

Configuración de Red, Camaras y Grabación NVR																			
Instalación y Configuración del Monitor de Vigilancia																			
Pruebas del Sistema Completo																			
Capacitación al Usuario y Entrega de Sistema																			
Técnico Universitario en Electricidad																			
Ayudante Estructural																			
Técnico Universitario en Energías Renovables																			
Ingeniero E Control e Instrumentación Industrial																			

Fuente: Planificación Proyecto

Tabla 3-9. Costos Totales del Proyecto

Descripción	Subtotal en UF	Valor Total en UF
Costos Generales de Instalación	148,37	148,37
Costos de Mano de Obra	52,88	52,88
Imprevistos (10% de costos generales de instalación)	13,69	13,69
	Subtotal	214,94
Margen de Ganancia	10%	21,49
	Total	236,43

Fuente: Tablas de Gastos Totales del Proyecto

Respecto a la estimación total del proyecto de acuerdo con los gastos generales en materiales y adicionales como también la mano de obra, se especifica que la instalación de sistema de seguridad perimetral a través de cámaras de videovigilancia será de 236,43 UF, contemplando que, para todos los efectos del presente análisis de costos, la UF a considerar corresponde a la del día 29 de diciembre de 2024, cuyo valor es de UF 38.411,74.

3.2. FLUJO DE CAJA

De acuerdo con el análisis económico del proyecto se procede a realizar un flujo de caja que permita analizar detalladamente los resultados económicos del proyecto con el objetivo de poder verificar la rentabilidad, detalles de ingresos y egresos, como también márgenes de flujo de caja, entre otros factores.

En primer lugar, para realizar el flujo de caja, se realiza un análisis mensual para ver el comportamiento al primer año, con el fin de realizar un análisis posterior al año de planificación. En la tabla 3-10, se muestra el capital de trabajo para los futuros flujos de cajas:

Tabla 3-10. Capital de Trabajo en Flujo de Caja

UF	\$38.412											
Capital de Trabajo	-49											
Precio Venta UF	236,43											
Cantidad Nominal Anual	16											
	6%	12%	18%	24%	30%	36%	42%	48%	65%	76%	88%	100%
	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	M-10	M-11	M-12
Cantidad Vendida	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
Ingresos por Venta	236	236	236	236	236	236	236	236	473	473	473	473
Costos Fijos												
Sueldo Personal Contratado	-53	-53	-53	-53	-53	-53	-53	-53	-53	-53	-53	-53
Arriendo Local	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8
Gastos Básicos (Electricidad, Agua, Internet)	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5
Traslado Personal Contratado	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6
Costos Variables												
Bono Producción Personal Contratado	0	0	0	0	0	0	0	0	-53	-53	-53	-53

Fuente: Datos Proyecto en Programa Excel

Tabla 3-11. Continuación Capital de Trabajo en Flujo de Caja

Compra Equipos de Protección Personal	-13	0	0	0	-13	0	0	0	-13	0	0	0
Contador Auditor	-3	0	0	0	0	-3	0	0	0	0	0	-3
Componentes, Equipos y Materiales Estructurales	-69	-70	-71	-71	-72	-73	-110	-111	-150	-151	-153	-154
Materiales Eléctricos	-61	-62	-62	-63	-63	-64	-97	-98	-132	-133	-134	-136
Materiales de Ferretería	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-10	-11	-14	-14	-14	-15
Gastos Generales	-11	-11	-11	-11	-11	-11	-12	-12	-12	-12	-12	-12
Imprevistos	-14	-14	-14	-14	-14	-14	-14	-14	-14	-14	-14	-14
Saldo	-13	1	0	-1	-16	-7	-6	-7	14	24	21	16
Saldo Acumulado	-13	-12	-12	-13	-29	-36	-42	-49	-35	-11	10	26

Fuente: Datos Proyecto en Programa Excel

Se aplicaron valores en UF correspondiente al precio de venta del proyecto proyectado a la fecha de 29 de diciembre de 2024 con valor de UF de \$38.412, como también en los valores de materiales se realiza un crecimiento mensual de 1% con respecto a la inflación en precio de materiales.

Tabla 3-12. Flujo de Caja del Proyecto Puro

Sistemas Mensuales		1				
UF		\$38.412	29-12-2025			
Precio Venta CLP		\$9.081.688				
Precio Venta UF		236,43				
			Tasa de Crecimiento UF Anual: 4%			
			236,43	245,89	255,72	265,95
	Año	0	1	2	3	4
	Cantidad de Sistemas Anuales		16	18	19	21

Fuente: Datos Proyecto en Programa Excel

Tabla 3-13. Continuación Flujo de Caja del Proyecto Puro

+	Ingresos por Venta (Cantidad por Precio Venta)		3.783	4.328	4.951	5.664
	Costos Fijos					
-	Sueldo Personal Contratado		-636	-636	-636	-636
-	Arriendo Local		-92	-92	-92	-92
-	Gastos Básicos (Electricidad, Agua, Internet)		-60	-60	-60	-60
-	Traslado Personal Contratado		-72	-72	-72	-72
	Costos Variables					
-	Ajuste Anual Sueldo Personal Contratado		0	-25	-51	-76
-	Bono Producción Personal Contratado		-212	-318	-371	-477
-	Compra Equipos de Protección Personal		-39	-41	-43	-45
-	Contador Auditor		-8	-8	-9	-9
-	Componentes, Equipos y Materiales Estructurales		-1.181	-1.235	-1.290	-1.348
-	Materiales Eléctricos		-1.040	-1.087	-1.136	-1.187
-	Materiales de Ferretería		-112	-117	-122	-128
-	Gastos Generales		-140	-146	-153	-159
-	Imprevistos		-164	-172	-179	-187
-	Total Costos (Costos Fijos + Costos Variables)		-3.756	-4.009	-4.213	-4.476
=	Margen Bruto		26	319	737	1-188
=	Intereses LP					

Fuente: Datos Proyecto en Programa Excel

Tabla 3-14. Continuación Flujo de Caja del Proyecto Puro

-	Intereses CP					
-	Depreciaciones					
+/-	Dif por ventas de activos a VL					
-	Pérdidas Ejercicio Anterior					
=	Utilidad antes de Impuestos		38	319	737	1.188
-	Impuesto % (25%)		-10	-80	-184	-297
=	Utilidad después de Impuestos		29	239	553	891
+	Pérdidas Ejercicio Anterior					
+	Depreciaciones					
-	Amortización LP					
-	Amortización CP					
-	Capital de Trabajo	-49				
-	Inversión Puesta en Marcha	-236				
+	Devolución Capital de Trabajo					49
=	Total Anual	-285	29	239	553	940
+	Préstamo LP					
+	Préstamo CP					
=	Flujo Neto de Caja	-285	29	239	553	940
+	Flujo de Caja Corregido	-285	25	181	364	537
=	Flujo de Caja Acumulado	-285	-260	-79	284	822
		0	1	2	3	4

Fuente: Datos Proyecto en Programa Excel

El análisis del flujo de caja permite verificar si el proyecto genera ingresos crecientes a futuro, permitiendo tener un análisis completo en referencias a cuáles serán los factores por lo cual el proyecto puede perecer en el tiempo. Con respecto al proyecto se puede evidenciar que cuenta con valores positivos desde el tercer año en adelante.

De acuerdo con los factores a considerar en este flujo de caja son el crecimiento o aumento de la UF por año, por la cual por factores financieros e investigados desde el Banco Central es de un crecimiento anual del 4%. Otro factor importante es el crecimiento del proyecto que se ha proyectado a 10% anual durante 4 años. Para finalizar dentro de los factores relevantes

dentro de los costos del proyecto están el crecimiento anual del IPC por el pago de salarios de trabajadores que sube alrededor del 4% anual por los 4 años, como también el aumento del costo de los materiales de un 4,5% anual.

En los flujos de caja, se determinan ciertos indicadores económicos el cual ayuda a verificar si el proyecto tiene una alta rentabilidad, cuanto se demora en retornar la inversión y si es altamente viable para los inversionistas. Por lo cual en la tabla 3-15, se pueden dar a conocer los indicadores económicos del proyecto:

Tabla 3-15. Indicadores Económicos del Proyecto

TMAR	15%
VAN	822
TIR	78%
PAYBACK	AÑO 3
IVAN	2,8803

Fuente: Datos del Proyecto en Programa Excel

De acuerdo con los indicadores, descifra que el proyecto es rentable por el VAN que considera, con respecto a la TIR es mayor que la TMAR por lo cual el proyecto presenta una viabilidad sobre el tiempo, con un tiempo de inversión de retorno al tercer año. Con respecto al IVAN, el proyecto presenta un valor aproximado de 2,88 UF de retorno por cada UF invertida, por lo cual al ser un valor muy bajo aun así sigue siendo un proyecto que genera un retorno a mediano o largo tiempo.

Para la evaluación financiera del proyecto se estableció una Tasa Mínima Aceptable de Retorno del 15%, considerando el costo de oportunidad del capital, riesgo asociado al proyecto y la rentabilidad mínima esperada por un inversionista. Además de considerar un grado de riesgo moderado por parte del proyecto, se alinea a las referencias del mercado chileno.

3.3. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

A continuación, en la figura 3-1, se permite realizar un análisis de sensibilidad a partir del flujo de caja, considerando tanto los ingresos como los costos del proyecto. Este análisis permite evaluar cómo las variaciones en estos factores impactan en la rentabilidad y viabilidad del proyecto, proporcionando una visión detallada de los posibles escenarios y los riesgos asociados.

			INGRESOS												
			130%	125%	120%	115%	110%	105%	100%	95%	90%	85%	80%	75%	70%
C O S T O S		822	4918	4729	4539	4350	4161	3972	3783	3594	3405	3215	3026	2837	2648
	130%	4670	822	790	758	727	695	664	632	600	569	537	506	474	442
	125%	4490	854	822	789	756	723	690	657	624	592	559	526	493	460
	120%	4311	890	856	822	787	753	719	685	650	616	582	548	514	479
	115%	4131	929	893	857	822	786	750	714	679	643	607	572	536	500
	110%	3951	971	934	896	859	822	784	747	710	672	635	598	560	523
	105%	3772	1.017	978	939	900	861	822	783	743	704	665	626	587	548
	100%	3.592	1068	1027	986	945	904	863	822	781	739	698	657	616	575
	95%	3413	1124	1081	1038	995	951	908	865	822	778	735	692	649	605
	90%	3233	1187	1141	1096	1050	1004	959	913	867	822	776	730	685	639
	85%	3053	1257	1208	1160	1112	1063	1015	967	918	870	822	773	725	677
	80%	2874	1335	1284	1232	1181	1130	1078	1027	976	924	873	822	770	719
	75%	2694	1424	1369	1315	1260	1205	1150	1096	1041	986	931	876	822	767
	70%	2515	1526	1467	1409	1350	1291	1232	1174	1115	1056	998	939	880	822

Fuente: Datos del Proyecto en Programa Excel

Figura 3-1. Análisis de Sensibilidad

Con respecto a mantener los ingresos en un 100 % y mantener los costos en un 100% se presenta un VAN de 822 UF, que es respecto a lo que el proyecto sería viable y rentable.

En consideración de mantener los ingresos en un 100%, los costos reducir hasta en un 80% indica un VAN de 1027 UF debido a que se mantienen los ingresos, pero se reducen los costos generando una rentabilidad y viabilidad del proyecto.

En relación de mantener los costos en un 100%, reducir los ingresos en un 70% indicaría un VAN de 575 UF decreciendo considerablemente el VAN manteniendo rentable y viable el proyecto, pero al reducir aún mas los ingresos y aumentando los costos podría afectar a la rentabilidad del proyecto.

La variación simultanea de los ingresos y costos pueden variar en un rango de porcentajes, pero cuando el costo aumenta y el ingreso decrece puede generar graves problemas a la viabilidad del proyecto.

3.4. RECOMENDACIONES

El sistema de videovigilancia propuesto representa una solución robusta para garantizar la seguridad del perímetro de la granja solar. Sin embargo, la implementación de tecnologías adicionales puede fortalecer de gran manera a la protección de la instalación, reduciendo riesgos y aumentando la capacidad de respuesta ante posibles incidentes. Dentro de los sistemas de seguridad que se pueden adicionar al anteriormente indicado son:

- Sensores de Movimiento
- Cercos Eléctricos
- Sistema de Alarmas
- Drones de Vigilancia
- Iluminación de Seguridad
- Control de Acceso con Biometría

La integración de sistemas de seguridad adicionales representa una estrategia efectiva para maximizar la protección de la granja solar. La adopción de estas tecnologías debe ser realizada de manera planificada, priorizando aquellas que ofrezcan un mayor retorno en términos de seguridad y funcionalidad. Se recomienda realizar evaluaciones periódicas de seguridad para identificar nuevas necesidades y garantizar la efectividad del sistema.

CONCLUSIÓN

Para concluir se ha permitido abordar de manera integral la problemática de seguridad en los perímetros de granjas solares, un tema de creciente relevancia debido a la expansión de estas instalaciones y su vulnerabilidad frente a intrusiones, robos o sabotajes. Desde la identificación de la necesidad de diseñar sistemas de vigilancia eficientes, hasta el diseño y análisis de un modelo viable económica y técnicamente, se han alcanzado objetivos clave que contribuyen a la seguridad de este tipo de infraestructura crítica.

En primera instancia, se planteó la problemática basada en la carencia de sistemas adecuados de vigilancia en instalaciones fotovoltaicas, lo cual expone tanto a los equipos como a la inversión general a riesgos significativos. A partir de esta necesidad, se realizó un diseño detallado de un sistema de videovigilancia basado en tecnología IP con cámaras Dahua, utilizando un esquema de comunicación punto a multipunto. Este diseño incluyó la selección y especificación de los materiales, tales como cámaras, antenas, postes, y equipos de almacenamiento, garantizando la cobertura adecuada dentro del perímetro.

El diseño técnico fue complementado con un análisis de costos completo donde se identificaron todos los materiales necesarios, desde componentes eléctricos hasta elementos estructurales, junto con los costos asociados a la mano de obra, incluyendo roles específicos como ingenieros, técnicos y ayudantes en la instalación de postes.

Adicionalmente, se realizó una encuesta para evaluar la percepción del público acerca de la importancia y viabilidad de este tipo de sistemas. Los resultados mostraron un amplio consenso sobre la necesidad de contar con vigilancia en granjas solares y un interés significativo en la adopción de estos sistemas, lo que respalda la viabilidad comercial del proyecto.

Por último, se analizaron posibles sistemas de seguridad complementarios que podrían aumentar la efectividad del proyecto.

En conclusión, este proyecto no solo demuestra ser técnicamente viable y económicamente sustentable. La implementación de sistemas de videovigilancia en granjas solares no solo protege activos valiosos, sino que también promueve la continuidad operativa y la confianza en la expansión de la energía limpia en Chile.

BIBLIOGRAFÍA

- Ministerio de Energía. (Septiembre 2019). *PDI recupera paneles solares robados y logra detención de varios involucrados*. <https://energia.gob.cl/noticias/atacama/pdi-recupera-paneles-solares-robados-y-logra-detencion-de-varios-involucrados>
- Electromineria. (Septiembre 2023). *Robo en Plantas Solares*. <https://electromineria.cl/robos-en-plantas-solares-85-son-cables-y-54-son-paneles-fotovoltaicos/>.
- Protg. (April 28). *Robo en Plantas Fotovoltaicas*. <https://pro-tg.com/robo-en-plantas-fotovoltaicas-cercos-electricos-sistemas-de-seguridad/>.
- Repsol. (2023). *Sembrando un futuro para Todos*. <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/huerto-solar/index.cshtml>.
- Microsegur. (2023). *Tipos de Sistemas de Vigilancia*. <https://microsegur.com/tipos-de-sistemas-de-seguridad-perimetral/>
- Megatech. (2024). Cámara IP Dahua. <https://www.megateh.eu/products/dahua-ip-network-cameras/dahua-hfw1230s-s5-2mp-entry-ir-fixed-focal-bullet-network-camera>
- Dahua. (2024). NVR Dahua. <https://www.dahuasecurity.com/es/products/All-Products/Network-Recorders/Pro-Series/NVR5-Series/2HDD/NVR5216/5232-16P-4KS2E>
- Fullalarms. (2024). *Antena Sectorial*. <https://fullalarms.cl/producto/15206-ubiquiti-airmax-am-5g17-90-antena-sectorial-90-uso-con-rocket-5ghz-17dbi>
- Compratecno. (2024). Antena Poste. https://compratecno.cl/5ghz-18dbi-integrado/650-locom5.html?srsltid=AfmBOorQsFilcUi_JHoN2mI1WJBYbbQQ-l4dti7qGZD43Z7ZZpuLh9OO
- Compratecno. (2024). Switch Poste. https://compratecno.cl/industrial-poe/4922-dahua_switch_4-100-poe_60w-tot_industrial_2-100_26mm_inc-48v_6p.html?srsltid=AfmBOorEL1mMTFIqb1OhnEoMLX5Nd8-Xai4L6RTo1FfwGeSWf2aZa5Hq
- Compratecno. (2024). Switch Poste Control. https://compratecno.cl/admin-8-12-poe/2886-es8-150w.html?srsltid=AfmBOorSHxfUgtEoKQS1wVXq7VpCE9Xse-RHGsuylraei_q8OzHluwkKq

- Comdiel. (2024). Cable Ethernet cat6. <https://www.comdiel.cl/cable-utp-cat-6-nhtd-305m-4-pares-23awg-negro-mensajero-exterior?srsItid=AfmBOopD-g0Q8986QAFuVvIQGHjciWD6aEEE5U601HGX3nEWzZflel0>
- Ramtech. (2024). Disco Duro. https://ramtech.cl/products/copia-de-disco-duro-hdd-8tb-seguridad-24-7-western-digital-purple?srsItid=AfmBOoosJ8-TOhaoH-DPgvrpwHYpNqacGmslLkv1cZ9aM56lyh_Ey_Xu
- Verluz. (2024). *Poste Cónico 6m*. <https://verluzpro.cl/producto/poste-conico-y-canastillo-6-metros-para-luminaria-vial-y-pagoda-led/>
- BRCingenieria. (2024). Poste Cónico 5m. <https://brcingenieria.cl/producto/poste-conico-5-mts/>
- Ferrelectrica. (2024). Gabinete. https://www.ferrelectrica.cl/product/gabinete-tablero-metalico-400x300x200-ip65-1-puerta?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAxqC6BhBcEiwAlXp4594zrRpq5R0l6WU6nzzelumbszdeMVI7WL--RMa7yx-h2_5JmQYCqxoC37EQAvD_BwE
- Ramtech. (2024). UPS. https://ramtech.cl/products/ups-dahua%C2%AE-600va-dh-pfm350-360?variant=43713597931736&country=CL¤cy=CLP&utm_medium=product_sync&utm_source=google&utm_content=sag_organic&utm_campaign=sag_organic&gad_source=1&gclid=CjwKCAiApY-7BhBjEiwAQMrrETMJNeeaHe07pS1qUaO12XJXNDWoF48wrw1_0pm4Jq-aj4gc0LfnVhoCWviQAvD_BwE
- Comdiel. (2024). Gabinete. https://www.comdiel.cl/gabinete-mural-exterior-9u-19-60x80cm-serie-19-60x80cm-sag?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAxqC6BhBcEiwAlXp4594zrRpq5R0l6WU6nzzelumbszdeMVI7WL--RMa7yx-h2_5JmQYCqxoC37EQAvD_BwE