



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**PLAN DE MANTENIMIENTO DE ESTACIONES SÍSMICAS PARA EL DIAGNÓSTICO Y
PREVENCIÓN DE DESASTRES NATURALES MONITOREADAS POR EL INSTITUTO
NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA
(INSIVUMEH)**

Mario David Chinchilla Aragón

Asesorado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz

Guatemala, junio de 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLAN DE MANTENIMIENTO DE ESTACIONES SÍSMICAS PARA EL DIAGNÓSTICO Y
PREVENCIÓN DE DESASTRES NATURALES MONITOREADAS POR EL INSTITUTO
NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA
(INSIVUMEH)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARIO DAVID CHINCHILLA ARAGÓN

ASESORADO POR EL ING. KENNETH ISSUR ESTRADA RUIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

GUATEMALA, JULIO DE 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a. i.)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton De León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Ing. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a. i.)
EXAMINADORA	Inga. Ana María Navarro Orozco
EXAMINADOR	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
EXAMINADOR	Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**PLAN DE MANTENIMIENTO DE ESTACIONES SÍSMICAS PARA EL DIAGNÓSTICO Y
PREVENCIÓN DE DESASTRES NATURALES MONITOREADAS POR EL INSTITUTO
NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA
(INSIVUMEH)**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 13 de junio de 2022.



Mario David Chinchilla Aragón

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 15 de noviembre de 2023.
REF.EPS.DOC.B134.15.11.2023.

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **MARIO DAVID CHINCHILLA ARAGÓN** de la Carrera de Ingeniería electrónica, Registro Académico No. **2014 44172 y CUI 2985 92789 0114**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“PLAN DE MANTENIMIENTO DE ESTACIONES SÍSMICAS PARA EL DIAGNÓSTICO Y PREVENCIÓN DE DESASTRES NATURALES MONITOREADAS POR EL INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA -INSIVUMEH-”**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Eléctrica

c.c. Archivo

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 15 de noviembre de 2023.
REF.EPS.DOC.B134.15.11.2023.

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **MARIO DAVID CHINCHILLA ARAGÓN** de la Carrera de Ingeniería electrónica, Registro Académico No. **2014 44172 y CUI 2985 92789 0114**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“PLAN DE MANTENIMIENTO DE ESTACIONES SÍSMICAS PARA EL DIAGNÓSTICO Y PREVENCIÓN DE DESASTRES NATURALES MONITOREADAS POR EL INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA -INSIVUMEH-”**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Eléctrica

c.c. Archivo



Guatemala 16 de noviembre de 2023.
REF.EPS.DOC.B135.15.11.2023.

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Rivera Carrillo.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"PLAN DE MANTENIMIENTO DE ESTACIONES SÍSMICAS PARA EL DIAGNÓSTICO Y PREVENCIÓN DE DESASTRES NATURALES MONITOREADAS POR EL INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA -INSIVUMEH"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **MARIO DAVID CHINCHILLA ARAGÓN**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor y Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

cc.Archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA



REF. EIME 01.2024.
26 DE ENERO 2024

Señor Director
Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación de EPS titulado: PLAN DE MANTENIMIENTO DE ESTACIONES SÍSMICAS PARA EL DIAGNÓSTICO Y PREVENCIÓN DE DESASTRES NATURALES MONITOREADAS POR EL INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGÍA, VULCANOLOGÍA, METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA - INSIVUMEH del estudiante: Mario David Chinchilla Aragón, que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Julio Cesar Solares Peñate
Coordinador de Electrónica



SRO

SIST.LNG.DIRECTOR.4.EIME.2024

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante Mario David Chinchilla Aragón: Plan de mantenimiento de estaciones sísmicas para el diagnóstico y prevención de desastres naturales monitoreadas por el INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGÍA, VULCANOLOGÍA, METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA -INSIVUMEH-, procede a la autorización del mismo.



Ingeniero Armando Alonso Rivera Carrillo
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

Guatemala, abril de 2024



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad de Ingeniería

24189101- 24189102

LNG.DECANATO.OIE.284.2024

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **PLAN DE MANTENIMIENTO DE ESTACIONES SÍSMICAS PARA EL DIAGNÓSTICO Y PREVENCIÓN DE DESASTRES NATURALES MONITOREADAS POR EL INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGÍA, VULCANOLOGÍA, METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA -INSIVUMEH-**, presentado por: **Mario David Chinchilla Aragón** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.

Guatemala, julio de 2024



Para verificar validez de documento ingrese a <https://www.ingenieria.usac.edu.gt/firma-electronica/consultar-documento>

Tipo de documento: Correlativo para orden de impresión Año: 2024 Correlativo: 284 CUI: 2985927890114

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, - Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS). Postgrado Maestría en Sistemas Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Licenciatura en Matemática. Licenciatura en Física. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por brindarme sabiduría para afrontar nuevos retos en mi vida diaria y académica.
Mis padres	Mario Chinchilla y Graciela Aragón, por ser un ejemplo de lucha y perseverancia ante situaciones de la vida y ser pilares importantes de apoyo durante toda mi vida académica.
Mi hermano	Benjamín Chinchilla, orientándolo a conseguir lo que nos propongamos.
Mis amigos	Por ser un apoyo durante toda la carrera de ingeniería electrónica.
Docentes	Por compartir sus conocimientos, consejos y experiencias.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por permitirme obtener un grado académico superior y poder brindar mis servicios profesionales al país.
Insivumeh	Por darme la oportunidad de completar otro escalón académico y permitirme formar parte del equipo de instrumentación científica del departamento de investigación y servicios geofísicos.
Mis padres	Mario Chinchilla y Graciela Aragón, por su apoyo incondicional y palabras de aliento necesarias para ayudarme a completar mi sueño de obtener el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Electrónica.
Asesor	Ingeniero Kenneth Estrada, por su apoyo y asesoramiento del presente trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
1. ANTECEDENTES DE LA INSTITUCIÓN	1
1.1. Reseña histórica.....	1
1.2. Misión	3
1.3. Visión.....	3
1.4. Ubicación.....	3
1.5. Organigrama.....	4
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Geología.....	7
2.1.1. Formaciones geológicas a nivel nacional	7
2.1.2. Geofísica.....	10
2.1.3. Suelos en la cadena volcánica.....	10
2.2. Volcán	12
2.2.1. ¿Qué es un volcán?.....	13
2.2.2. Tipos de volcanes en Guatemala	13
2.2.3. Corriente de densidad piroclástica	14
2.2.4. Índice de explosividad volcánica	15
2.3. Desastre natural	16

2.3.1.	Tipos de desastres naturales.....	17
2.3.2.	Prevención de desastre natural	17
2.4.	Sismología	18
2.4.1.	Sismos	18
2.5.	Meteorología	19
2.6.	Vulcanología	19
2.6.1.	Vulcanismo.....	20
2.7.	Hidrología.....	21
2.7.1.	Red hidrológica de estaciones.....	21
2.8.	Instrumentos de medición	21
2.8.1.	Sismómetro de banda ancha.....	21
2.8.2.	Estación meteorológica Davis (con pluviómetro, anemómetro y veleta).....	22
2.8.3.	Sensor de infrasonido Chaparral	24
2.9.	Estación sísmica	24
2.9.1.	Diagrama de bloques de una estación sísmico- volcánica	26
2.9.2.	Panel fotovoltaico	27
2.9.3.	Reguladores de voltaje MorningStar SunSaver MPPT	30
2.9.4.	Protectores contra rayos para <i>ethernet</i>	32
2.9.5.	Arreglo de diodos para acoplar dos bancos de baterías	32
2.9.6.	Baterías de gel selladas	34
2.9.7.	Digitalizador Nanometrics Centaur-6	35
2.9.8.	WebRelay-Dual III	36
2.9.9.	<i>Switch</i> industrial de bajo consumo.....	37
2.9.10.	Antena de GPS para exterior.....	38
2.9.11.	Modem celular DIGI <i>Transport</i> WR21 o <i>Ursalink</i>	39

2.9.12.	Cámara de vigilancia Axis Q1615 Mk II con case protector para exterior	41
2.10.	Mantenimiento	43
2.10.1.	Tipos de mantenimiento	44
2.10.2.	Mantenimiento de correctivo	44
2.10.3.	Mantenimiento preventivo	44
2.11.	Ventajas y desventajas de mantenimiento	45
2.11.1.	Ventajas	45
2.11.2.	Desventajas	45
2.12.	Normas de mantenimiento	46
2.13.	Software de monitoreo y control	47
2.13.1.	Microsoft Office Excel	48
2.13.2.	Macros	48
3.	DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	49
3.1.	Organigrama de proceso	49
3.2.	Inspección y registro de estación	50
3.3.	Planificación de visitas técnicas para mantenimiento según su estatus y aprobación	52
3.4.	Desarrollo de documento en Excel del control y registro	53
3.5.	Directrices para mantenimiento preventivo de estaciones sísmicas	55
4.	DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO	65
4.1.	Organigrama de proceso	65
4.2.	Boletín de asistencia técnica	67
4.3.	Identificación de daño en equipo	68
4.4.	Fallas de equipo	68
4.4.1.	Solución a corto plazo	69

4.4.2.	Solución a largo plazo	69
4.5.	Directrices para mantenimiento correctivo de estaciones sísmicas	69
5.	DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO DE OPORTUNIDAD	73
5.1.	Organigrama de proceso.....	73
5.2.	Inspección y registro de estación	74
5.3.	Herramienta mínima para visita técnica.....	74
5.4.	Falla repentina durante visita técnica	76
5.4.1.	Respuesta posible a fallas repentinas	76
5.4.2.	Fallas repentinas sin solución prevista	77
5.5.	Directrices para mantenimiento de oportunidad de estaciones sísmicas.....	77
5.5.1.	Directrices de mantenimiento parcial	77
5.6.	Cronograma de actividades realizadas	80
	CONCLUSIONES	83
	RECOMENDACIONES	85
	REFERENCIAS.....	87
	APÉNDICES	93
	ANEXOS	97

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Ubicación del Insivumeh por Google Maps	4
Figura 2.	Organigrama estructural del Insivumeh.....	5
Figura 3.	Mapa tectónico de Centroamérica	8
Figura 4.	Distribución superficial de las placas litosféricas	9
Figura 5.	Mapa en relieve de Guatemala	12
Figura 6.	Tipos de volcanes	14
Figura 7.	Nube piroclástica del volcán de Fuego.....	15
Figura 8.	Comparación de índice de explosividad volcánica	16
Figura 9.	Cómo se conforma un volcán	20
Figura 10.	Perfil y superficie del sismómetro de banda ancha 3 ESP <i>compact</i>	22
Figura 11.	Estación meteorológica Davis	23
Figura 12.	Sensor de infrasonido Chaparral M25.....	24
Figura 13.	Estación sísmica	25
Figura 14.	Diagrama de bloques de una estación sísmica-volcánica	27
Figura 15.	Efecto fotovoltaico.....	28
Figura 16.	Constitución de un panel solar	29
Figura 17.	Paneles fotovoltaicos	30
Figura 18.	Algoritmo de carga del SunSaver MPPT	31
Figura 19.	SunSaver MPPT 15L	31
Figura 20.	<i>Power over ethernet</i> PoE DT-CAT	32
Figura 21.	Conexiones para banco de baterías	33
Figura 22.	Arreglo de diodos para sumar	34

Figura 23.	Batería de gel sellada.....	35
Figura 24.	Digitalizador <i>nanometrics centaur 6</i>	36
Figura 25.	<i>Web relay series III</i>	37
Figura 26.	<i>Switch industrial</i>	38
Figura 27.	Antena GPS	39
Figura 28.	Modem <i>Ursalink UR32</i>	40
Figura 29.	Aplicaciones de modem <i>Ursalink</i>	40
Figura 30.	Cámara Axis con <i>case</i> para exterior	42
Figura 31.	Conexiones de cámaras Axis	42
Figura 32.	Clasificación de mantenimiento	43
Figura 33.	Organigrama de proceso de mantenimiento preventivo.....	50
Figura 34.	Índice de registro de estaciones volcánicas.....	53
Figura 35.	Ingreso de registro de equipos	54
Figura 36.	Proceso de mantenimiento correctivo.....	65
Figura 37.	Plantilla propuesta de boletín de asistencia técnica.....	67
Figura 38.	Organigrama de proceso para mantenimiento de oportunidad	73

TABLAS

Tabla 1.	Hoja de inspección y registro.....	51
Tabla 2.	Registro de estación del Volcán de Fuego	55
Tabla 3.	Cronograma de actividades de realización de EPS	81

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
@	Arroba
Q	Quetzal (moneda de Guatemala)

GLOSARIO

Basalto	Roca volcánica
Conexa	Enlazada o relacionada con otra
<i>Graben</i>	Sección central a dos fallas tectónicas
IEV	Índice de explosividad volcánica
loc	Corriente de circuito abierto.
IRIM	Instituto Renovetec de Ingeniería del Mantenimiento.
Kárstica	Formación irregular de piedra producida por la erosión del agua.
Piroclasto	Fragmento sólido de material volcánico expulsado al aire durante una erupción volcánica.
Voc	Voltaje de circuito abierto.

RESUMEN

El presente trabajo aborda la implementación de estaciones sísmicas que funcionan con energía solar, como factible solución cada vez más utilizada para monitorear y estudiar los movimientos telúricos en las estaciones de estudio y monitoreo volcánico, que tienen el objetivo de obtener datos geológicos muy importantes para prevenir terremotos.

OBJETIVOS

General

Diseño de un plan de mantenimiento preventivo, correctivo y de oportunidad de estaciones sísmicas colocadas en volcanes activos de Guatemala.

Específicos

1. Evitar desgaste y mal funcionamiento de equipo sísmico-volcánico ubicado en el coloso.
2. Prolongar la vida útil de los equipos con un mantenimiento adecuado al momento de realizar la visita técnica a las estaciones con equipo sísmico-volcánico.
3. Capacitar al personal en el nuevo plan de mantenimiento.

INTRODUCCIÓN

La implementación de estaciones sísmicas que funcionan con energía solar es una solución cada vez más utilizada para monitorear y estudiar los movimientos de la tierra. Estas estaciones son fundamentales para la detección temprana de terremotos y la recopilación de datos sísmicos importantes.

Sin embargo, para garantizar un funcionamiento óptimo y una larga vida útil de estas estaciones, es necesario contar con un plan de mantenimiento adecuado. En este documento se presentará un plan de mantenimiento para estaciones sísmicas que funcionan con energía solar, con el objetivo de asegurar su correcto funcionamiento y maximizar su eficiencia.

Se abordarán los aspectos clave del mantenimiento preventivo. Esto implica llevar a cabo inspecciones regulares de los paneles solares, así como la regulación y los sistemas de almacenamiento de energía para garantizar su correcto funcionamiento. Se describirán las medidas de mantenimiento correctivo que se deben tomar en caso de fallos o averías. Esto incluye la identificación y solución de problemas técnicos, la reparación o reemplazo de componentes defectuosos y la restauración de la funcionalidad de la estación sísmica en el menor tiempo posible.

En resumen, el plan de mantenimiento para dichas estaciones tiene como objetivo garantizar un funcionamiento confiable y eficiente. Es importante destacar que este plan de mantenimiento debe adaptarse a las características específicas de cada estación sísmica y considerar las recomendaciones de los fabricantes y expertos en el campo.

1. ANTECEDENTES DE LA INSTITUCIÓN

Institución prestadora de servicio de vigilancia y monitoreo sistemático permanente de la actividad volcánica y sísmica en Guatemala.

1.1. Reseña histórica

Sobre la historia del Insivumeh, cabe considerar la siguiente información:

A raíz del terremoto ocurrido en Guatemala, el 4 de febrero de 1976, se creó el Insivumeh, a través del acuerdo Gubernativo de fecha 26 de marzo de 1976, iniciando sus operaciones formales el 1 de enero de 1997.

El Insivumeh fue formado por el Observatorio Nacional dependiente del Ministerio de Agricultura con el departamento de Meteorología de la Dirección General de Aeronáutica Civil, dependiente del Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas (hoy Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda) y con la sección de Construcción y Mantenimiento de la red Hidrometeorológica del INDE.

Actualmente se cuenta con una institución técnico-científica altamente calificada que contribuye a la optimización de actividades del sector productivo de la República de Guatemala asociadas a las ciencias

atmosféricas, geofísicas e hidrológicas coordinando servicios con el sector privado y actuando como asesor técnico del gobierno en caso de desastres naturales.

Además, planifica, diseña y ejecuta estudios y monitoreo sistematizado con la tecnología adecuada, enriqueciendo las bases de datos y sistemas de información geográfica referente del país, contribuyendo así con la modernización y especialización del sector educativo.

Presta el servicio de vigilancia sistemática permanente de la actividad volcánica y sísmica, manteniendo datos hidrometeorológicos, mantenimiento, reactivación y ampliación de las actividades operacionales e institucionales en cuanto a la rehabilitación y reconstrucción de estaciones o puntos de monitoreo de carácter climático. (Insivumeh, 2023, párr. 2-6)

1.2. Misión

La institución resume su misión de este modo: “Ser una institución técnico-científica que genera y difunde información geocientífica, a través de la recolección y el procesamiento de datos para la toma de decisiones que contribuyan al beneficio de la población” (Insivumeh, 2023, párr. 1).

1.3. Visión

La institución plantea así el contenido de su visión: “Ser reconocidos como una institución generadora de información geocientífica confiable, efectiva y de calidad mundial que impacte positivamente a la población” (Insivumeh, 2023, párr. 1).

1.4. Ubicación

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, 7ma. avenida 14-57 zona 13, ciudad de Guatemala, código postal 01013, PBX: 2310-5000, correo electrónico: info@insivumeh.gob.gt, horario de atención: lunes a viernes de 09:00 am a 05:00 pm.

Figura 1.

Ubicación de Insivumeh por Google Maps



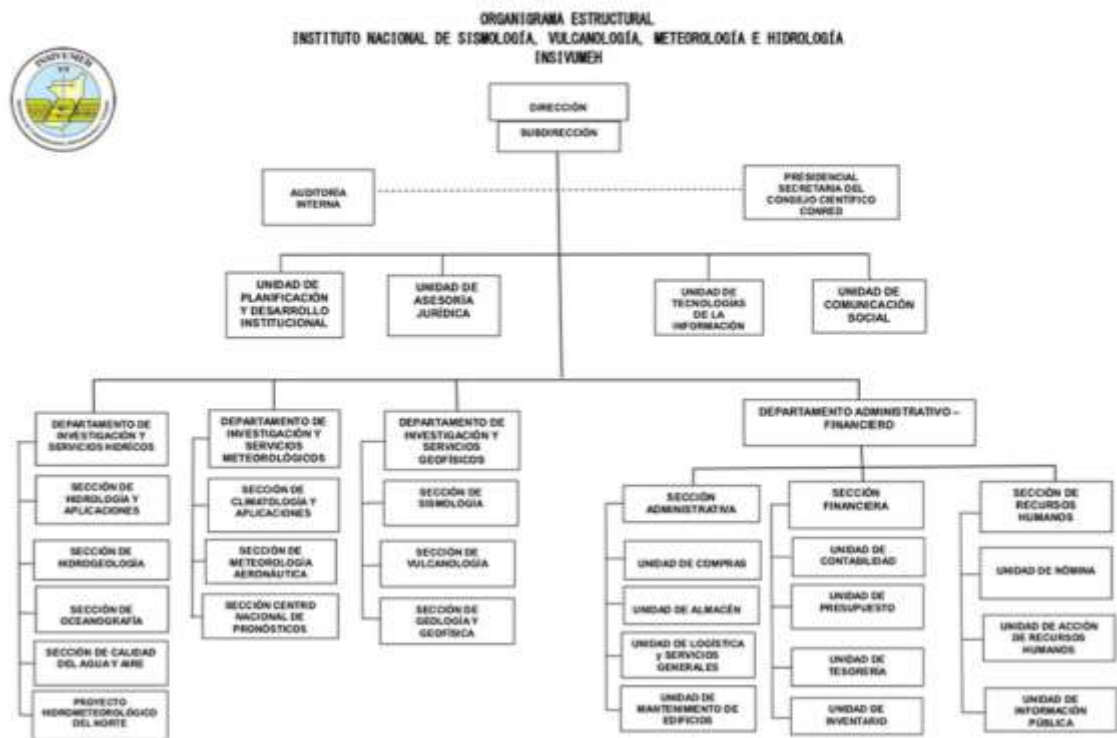
Nota. Imagen satelital de ubicación del Insivumeh. Obtenido de Google Maps (2023). *Ubicación.* (<https://goo.gl/maps/DPM3qFjuVcevkX9>), consultado el 3 de marzo de 2023. De dominio público.

1.5. Organigrama

La estructura laboral del Instituto de Sismología, Vulcanología e Hidrología se categoriza y organiza de la forma que se muestra en el organigrama de la siguiente página:

Figura 2.

Organigrama estructural del Insivumeh



Nota. Organigrama estructural interno del Insivumeh. Obtenido de Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. (s.f.). *Quiénes somos*. (<https://insivumeh.gob.gt/?p=130>), consultado el 20 de marzo de 2023. De dominio público.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Geología

Es una rama de las ciencias naturales que tiene como objetivo estudiar la historia, la composición, procesos y estructura de la Tierra, tomando como prioridad específica las rocas que constituyen el planeta desde 200 kilómetros de profundidad hasta la superficie.

Como ciencia, se encarga de aplicar métodos y teorías de la física, de la química, de la matemática y de la biología, las cuales son principales ciencias conexas a esta.

Fue Nicolás Steno el que encendió la primera chispa en 1680, cuando descubrió que “si hay dos rocas superpuestas, la de abajo es más vieja que la de arriba”. Este razonamiento, engañosamente modesto, es el fundamento de la relación entre la superposición de los terrenos y el tiempo, que permitió fijar la edad relativa de los fósiles y afirmar su antigüedad. (Iriondo, 2007, párr. 7)

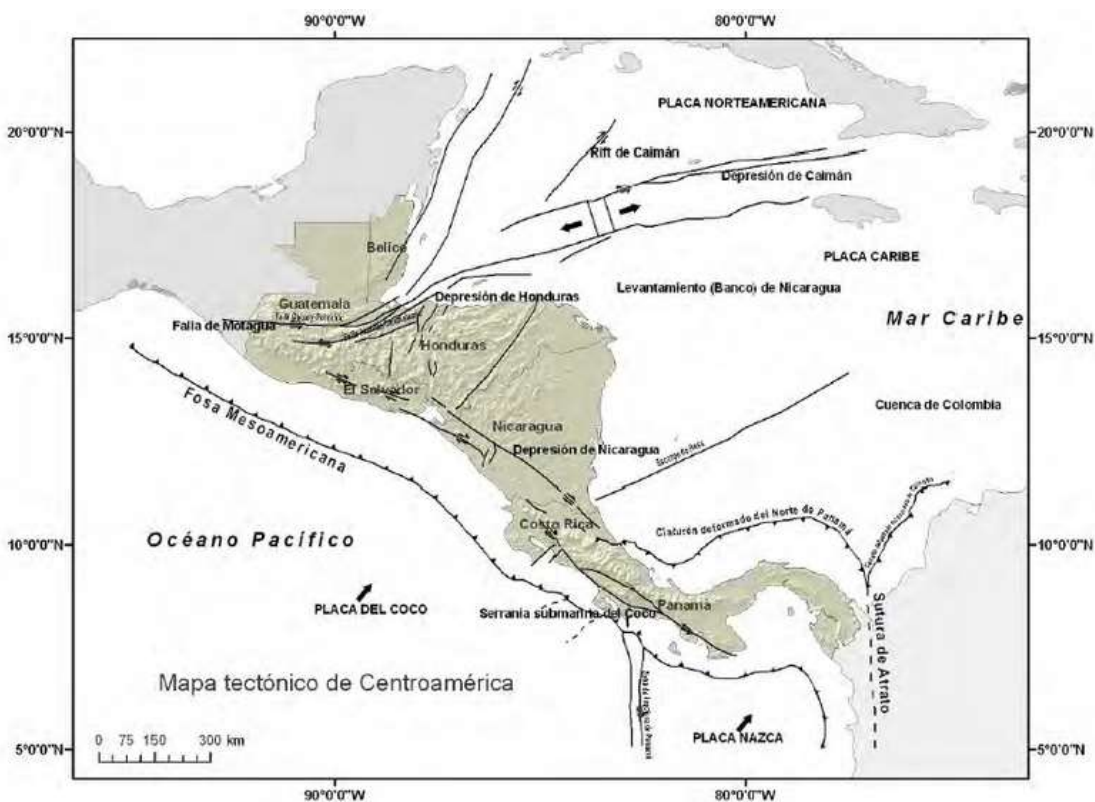
2.1.1. Formaciones geológicas a nivel nacional

Estas se distinguen por la existencia de volcanes activos, terreno montañoso en la cordillera central, fallas transformantes, llanuras del norte y una amplia topografía kárstica. Gran parte de estas características son resultado de

una historia activa de subducción, vulcanismo de arco asociado, colisiones de placas, metamorfismo de alta presión y depósitos en cuencas oceánicas profundas o en plataformas poco profundas dentro de la región en general.

Figura 3.

Mapa tectónico de Centroamérica



Nota. Mapa tectónico de Centroamérica. Obtenido de B. Benito, et al. (2008). *A new evaluation of seismic hazard for the Central America region in the frame of the RESIS II Project.* (p.10). 14th World Conference on Earthquake.

Para comprender mejor la composición geológica de Guatemala, es necesario analizar la compleja evolución espacial y temporal de los límites de las

placas tectónicas que la rodean, incluyendo las placas del Pacífico, el Caribe y Cocos.

La geología de Guatemala se caracteriza por la presencia de la Fosa Mesoamericana, una formación geológica que se encuentra en la costa suroeste del país y está formada por la placa de Cocos que se subduce debajo de las placas de América del Norte y el Caribe. La frontera entre las placas del Caribe y América del Norte atraviesa la región central, lo que ha dado lugar a una variedad de características geológicas y geomórficas en el país. Aunque las configuraciones modernas de las placas pueden explicar muchas de estas características, las variaciones regionales se deben en gran medida a etapas más antiguas de la evolución tectónica y volcánica.

Figura 4.

Distribución superficial de las placas litosféricas



Nota. Imagen de placas litosféricas en la actualidad. Obtenido de Placas Tectónicas (s.f.). *¿Qué son las placas litosféricas?* (<https://placastectonicas.com/que-son-las-placas-litosfericas>), consultado el 20 de marzo 2023. De dominio público.

2.1.2. Geofísica

Sobre el concepto de geofísica debe atenderse la siguiente información:

La geofísica es la ciencia que estudia la Tierra desde el punto de vista de la física. Su objeto de estudio abarca todos los fenómenos relacionados con la estructura, condiciones físicas e historia evolutiva de la Tierra. Al ser una disciplina principalmente experimental, usa para su estudio métodos cuantitativos físicos como la física de reflexión y refracción de ondas mecánicas, y una serie de métodos basados en la medida de la gravedad, de campos electromagnéticos, magnéticos o eléctricos y de fenómenos radiactivos. En algunos casos dichos métodos aprovechan campos o fenómenos naturales (gravedad, magnetismo terrestre, mareas, terremotos, tsunamis, etc.) y en otros son inducidos por el hombre. (Geofísica, 2024, párr. 1)

2.1.3. Suelos en la cadena volcánica

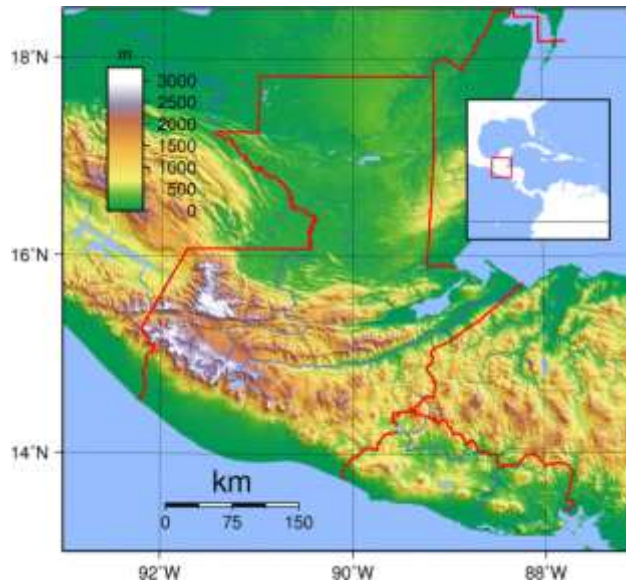
Los volcanes no solamente expulsan lava, sino también rocas circundantes y gases. Entre las rocas volcánicas se destacan rocas de lava: formadas por enfriamiento de coladas de lava, y rocas piroclásticas: rocas expulsadas y luego cae en la superficie.

Los suelos alrededor de un volcán están constituidos por material expulsado en el cual es posible encontrar:

- Coladas de lava: roca fundida expulsada del volcán con la mayoría de sus gases liberados.
- Lava pahoehoe (lava cordada): lava de composición basáltica poco viscosa, pendiente abajo forma una capa de vidrio en su superficie.
- Lava AA: lava más viscosa que al enfriarse forma fragmentos irregulares y ásperos.
- Lava almohadilla: esta al enfriarse forma figuras redondas o elípticas semejantes a almohadas.
- Piroclastos: fragmentos formados por actividad volcánica explosiva que se fragmentan o cristalizan al cambio de temperatura.
- Obsidiana: al enfriarse lava muy ácida se logra formar un vidrio volcánico.
- Pómez: formadas por composiciones ácidas, colores claros y muchos orificios.
- Ceniza: fragmentos de lava, vidrio, roca volcánica y/o cristales diminutos.

Figura 5.

Mapa en relieve de Guatemala



Nota. Imagen satelital del mapa en relieve de Guatemala. Obtenido de Mapa de Guatemala (s.f.). *Mapa en relieve de Guatemala.* (<https://mapadeguatemala.org/relieve>), consultado el 20 de marzo de 2023. De dominio público.

Debido a la expulsión de material volcánico a sus alrededores, las tierras son cultivables para varios tipos de cultivos.

2.2. Volcán

Volcano es un término proveniente de una pequeña isla de Vulcano en el mar Mediterráneo de Sicilia. Se creía que la isla era la chimenea del taller de Vulcano que fabricaba armas para los dioses del Olimpo.

2.2.1. ¿Qué es un volcán?

“Un volcán es una abertura en la superficie de la tierra. Los volcanes pueden entrar en erupción. Cuando entran en erupción, expulsan lava, rocas y polvo. La lava es roca fundida caliente” (Kalman, 2009, párr. 1).

A lo largo de la historia, los volcanes han destacado sobre la superficie terrestre gracias a erupciones provocadas por modificaciones en el manto terrestre.

2.2.2. Tipos de volcanes en Guatemala

Los volcanes se clasifican por el tipo de estructura y de actividad que manifiestan. Estos aspectos están relacionados con el origen tectónico, lo que significa que la clasificación puede no ser precisa.

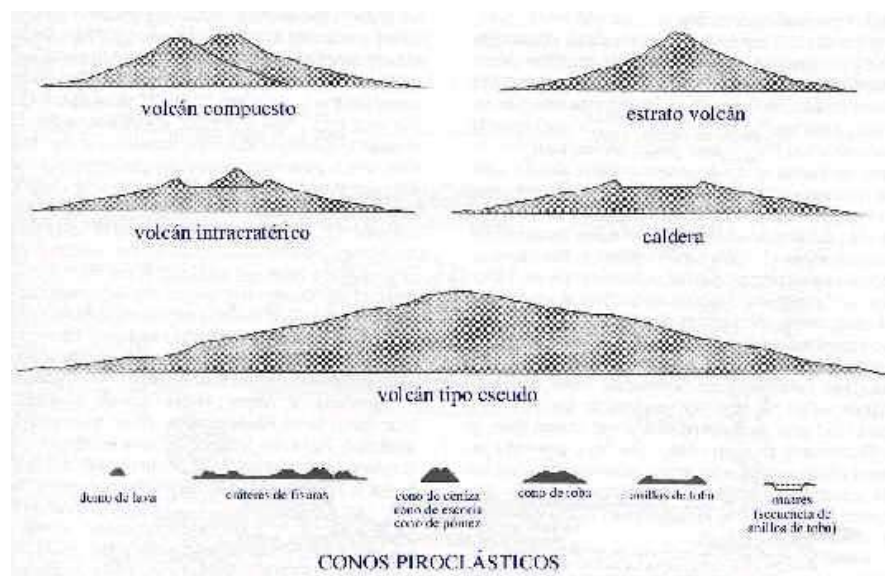
Por su estructura, los volcanes se clasifican en:

- Estratovolcán: posee forma cónica con capas sucesivas de lava expulsadas desde su cráter central.
- Calderas: colapso o derrumbe de la parte central o toda la estructura, una muestra son las calderas de Atitlán y Amatitlán.
- Tipo escudo: montañas con pendientes suaves, formadas por la superposición de lava expulsada, un ejemplo de este tipo sería el volcán de Pacaya.
- Domo de lava: posee estructura angosta con fuertes pendientes debido a la acumulación de lava muy viscosa y ceniza incandescente. Ejemplo de este es el domo del volcán Santiaguito.

- Cono de cenizas o escoria: formado por estructuras pequeñas formadas a su vez por la acumulación de ceniza y escoria volcánica. La mayoría de estas se encuentran alineados a la falla de Jalpatagua y graben de Ipala.

Figura 6.

Tipos de volcanes



Nota. Tipos de volcanes. Obtenido de Insivumeh (s.f.). *Volcanes de Guatemala. Estructura interna de la tierra.* (<http://www.insivumeh.gob.gt/geofisica/programa.htm#VOLCANES%20DE%20GUATEMALA>), consultado el 20 de marzo de 2023. De dominio público.

2.2.3. Corriente de densidad piroclástica

Estos flujos se conforman por gases y material sólido, son capaces de fluir a altas temperaturas y velocidades. La velocidad varía según el tipo de materias que contenga el flujo. Estas corrientes se presentan en forma de nubes o ríos, son los eventos más destructivos que se conocen.

Figura 7.

Nube piroclástica del volcán de Fuego



Nota. Imagen satelital de erupción de volcán de fuego en el año 2018. Obtenido de Earth Observatory (s.f.). *Erupción del Volcán de Fuego.* (https://eoimages.gsfc.nasa.gov/images/imagerecords/91000/91671/fuego_oli_2018032_wide.jpg), consultado el 15 de agosto de 2023. De dominio público.

2.2.4. Índice de explosividad volcánica

Es una escala numérica que representa el nivel de una erupción volcánica que se cuantifica de 0 a 8. Para catalogar el índice se consideran distintos factores como el volumen, altura, duración de la actividad volcánica, entre otras.

Figura 8.
Comparación de índice de explosividad volcánica

IEV	Volumen de material arrojado	Clasificación	Descripción	Altura	Frecuencia
Ejemplos					
0	< 10 000 m³	Erupción hawiana	Elusiva, no explosiva	< 100 m	Continua
		Monte Erebus (1953), Kilauea (1877), Mauna Loa (1864), Pico Newson (2006), Pitón de la Fournaise (2017), Erta Ale (2018)			
1	> 10 000 m³	Estromboliana	Ligera	100 m – 1 km	Diaria
		Estromboli (desde épocas Romanas), Nyiragongo (2002), Masaya (2008)			
2	> 1 000 000 m³	Estromboliana / Vulcaniana	Explosiva	1–5 km	Quincenal
		Unzen (1792), Galeras (1993), Sinabong (2010)			
3	> 10 000 000 m³	Vulcaniana / Peleana	Violenta	5–15 km	Cada 3 meses
		Lassen Peak (1915), Nevado del Ruiz (1985), Soufrière Hills (1995), Pichicha (1996), Tungurahua (2006), Ontake (2014), Cumbre Vieja (2021)			
4	> 0,1 km³	Peleana / Subpliniana	Catastrófica	> 10 km	Cada 18 meses
		Cotopaxi (1877), Pelée (1902), Parícutin (1944), Galunggung (1982), Reventador (2002), Eyjafjallajökull (2010), Calbuco (2015), de Fuego (2018)			
5	> 1 km³	Pliniana	Cataclísmica	> 15 km	Cada 12 años
		Vesuvio (79), Fuji (1707), Colma (1913), Agung (1963), Santa Helena (1980), El Chichón (1992), Hudson (1993), Chaitén (2008), Puyehue (2011)			
6	> 10 km³	Pliniana / Ultraplíniana	Colosal	> 20 km	Entre 50 a 100 años
		Ilopango (c. 450), Huaynaputina (1800), Laki (1783), Desconocido (1808), Krakatoa (1883), Santa María (1902), Pinatubo (1991)			
7	> 100 km³	Ultraplíniana	Supercolosal	> 20 km	Entre 500 a 1000 años
		Cerro Blanco (c. 2300 a.C.), Santorini (1610 a.C.), Paektu (946), Rajaii (1257), Tambora (1815)			
8	> 1000 km³	Ultraplíniana	Apocalíptica	> 25 km	Cada 50.000 años ^{2 3}
		Yellowstone (640.000 a.C.), Toba (73.500 a.C.), Taupo (20.500 a.C.)			

Nota. IEV comparación a nivel global de volcanes activos. Índice de explosividad volcánica (s.f.). En *Wikipedia*. (https://es.wikipedia.org/wiki/Índice_de_explosividad_volcánica), consultado el 12 de agosto de 2023. De dominio público.

2.3. Desastre natural

Un desastre natural es un fenómeno causado por la propia naturaleza que puede ser inesperado o recurrente. El impacto que puede provocar a la humanidad va desde afectaciones a sus viviendas, el funcionamiento de los servicios básicos, la transformación del territorio que habita, hasta la pérdida de vidas humanas. (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2018, párr. 2).

2.3.1. Tipos de desastres naturales

Por su aparición:

- Súbitos: suceden de manera inmediata y sorpresiva
- Mediatos: ocurren gradualmente y es posible su predicción

Por su duración:

- Corta a mediana duración: poseen un tiempo de duración significativo. Ejemplo: terremotos, huracanes, erupciones volcánicas, entre otros.
- Larga duración: suceden durante un tiempo prolongando causando alteración al medio ambiente.

Por su origen:

- Naturales: originados sin intervención humana y se subdividen en: geodinámica interna y dan lugar a sismos, maremotos y actividad volcánica; geodinámica externa, dando lugar a deslizamientos de tierra; hidrometeorológicos y dan lugar a cambios climáticos.
- Inducidos: provocados por intervención humana.

2.3.2. Prevención de desastre natural

El principal objetivo de las medidas relacionadas con la prevención de desastres naturales se centra en la disminución del impacto negativo que estos conllevan, tanto a nivel de pérdidas de vidas humanas (y de otros

seres vivos), como en lo relativo a los daños materiales y medioambientales. (Roldán, 2024, párr. 11)

2.4. Sismología

Es una rama de la geofísica que estudia los terremotos, la forma en que las ondas sísmicas viajan a través de la Tierra y las características y estructuras del subsuelo.

“La sismología en su definición más global incluye diferentes partes como la sísmica activa, sísmica pasiva, ingeniería sísmica, sismología volcánica, sismometría, paleosismología, entre otros” (Baptiste y Molina, s.f., párr. 3).

2.4.1. Sismos

Un sismo es un proceso natural de liberación de energía, durante esta liberación se producen ondas elásticas que se propagan por el interior de la Tierra hasta que llegan a la superficie, convirtiéndose en movimiento y vibración del suelo.

Los sismos se pueden clasificar en:

- Sismos tectónicos: se generan debido al choque o ruptura de una falla geológica.
- Sismos volcánicos: producidos por cambios de presión en corrientes de magma, fluidos y gases en regiones volcánicas.

- Sismos inducidos: producidos por el ser humano (ejemplo: explotación minera) o actividades sobre la superficie de la tierra (ejemplo: deslaves o movimientos de tierra).

2.5. Meteorología

Es la ciencia en la que se combinan varias disciplinas, para el estudio y comprensión del comportamiento de los fenómenos que se desarrollan en la atmósfera, su composición y otros aspectos, para así poder pronosticar de manera oportuna el estado climatológico, pues éste afecta la actividad humana. (Martínez, 2024, párr. 1)

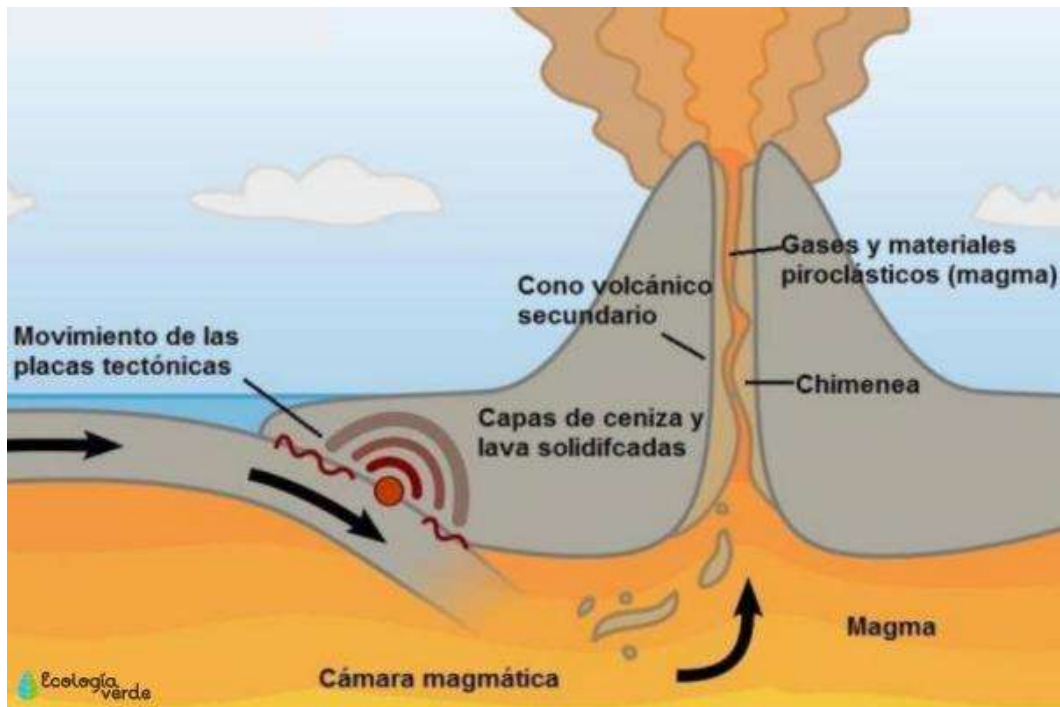
2.6. Vulcanología

La vulcanología es una ciencia que se define como la rama de la geología que estudia al vulcanismo en su totalidad, es decir, el origen, la estructura y la composición de los volcanes, la historia eruptiva de los mismos y los fenómenos asociados a las erupciones volcánicas. La vulcanología abarca también el estudio de los géiseres, fumarolas y todo lo que se emite desde el interior de la Tierra. (Bordino, 2022, párr. 1)

La vulcanología se relaciona a la sismología, mineralógica, tectónica y otras disciplinas más, lo que ayuda a la comprensión de los eventos volcánicos.

Figura 9.

Cómo se conforma un volcán



Nota. Imagen representativa de la constitución volcánica. Obtenido de J. Bordino (2022). *Vulcanología: qué es y objetivos.* (<https://www.ecologiaverde.com/vulcanologia-que-es-y-objetivos-3646.html>), consultado el 18 de agosto de 2023. De dominio público.

2.6.1. Vulcanismo

Dentro del ámbito de la ciencia geológica y el estudio telúrico, se le conoce así a la expulsión de material magmático del interior de la Tierra hacia la superficie terrestre.

2.7. Hidrología

“Ciencia que trata de las características y propiedades del agua sobre el suelo y en su interior, y principalmente de la distribución del agua procedente de lluvias recientes o de la fusión de las nieves” (Insivumeh, 2022, párr. 3)

2.7.1. Red hidrológica de estaciones

“Conjunto de estaciones meteorológicas e hidrológicas en una cuenca situadas de forma que sus observaciones puedan facilitar los datos básicos necesarios para el conocimiento del régimen de la cuenca en el espacio y en el tiempo” (Insivumeh, 2022, párr. 16)

2.8. Instrumentos de medición

Son dispositivos o herramientas calibrados a una escala numérica según los sistemas de medida internacional o inglés, con estos instrumentos es posible hacer una comparativa para obtener un dato numérico relativo a lo que queremos medir.

2.8.1. Sismómetro de banda ancha

Instrumento utilizado para medir pequeños temblores o terremotos provocados por los movimientos de las placas tectónicas o litosféricas. Consiste en una pequeña masa de prueba de tres ejes, confinada por fuerzas eléctricas gestionada por circuitos electrónicos. Al girar la Tierra, los circuitos electrónicos tratan de mantener la masa fija a través de losos de retroalimentación del circuito, puede medir los componentes norte/sur, este/oeste y vertical del movimiento del suelo simultáneamente hasta un rango de 0.003 a 50 Hz.

Generalmente funciona con una fuente de alimentación de 12 V, al ser nivelado y centrado una única vez, comenzará a funcionar automáticamente. Emite voltajes analógicos que representan la velocidad del suelo en líneas diferenciales balanceadas. Estos voltajes son registrados por un digitalizador externo y enviados a un centro de datos donde se interpretarán los resultados.

Figura 10.

Perfil y superficie del sismómetro de banda ancha 3 ESP compact



Nota. Operator's Guide. Obtenido de Güralp (2019). *Perfil de dispositivo Güralp 3ESP Compact* (<https://www.guralp.com/documents/html/MAN-C3E-0001/s2.html>), consultado el 18 de agosto de 2023. De dominio público.

2.8.2. Estación meteorológica Davis (con pluviómetro, anemómetro y veleta)

Estas estaciones son herméticas y con alta durabilidad, capaces de soportar todas las inclemencias del tiempo. La consola alimenta al Conjunto Integrado de Sensores (ISS) a través del propio cable de comunicación de 30 metros o, en otro caso, posee dos fuentes de alimentación independientes y su comunicación de datos es inalámbrica.

La consola permite visualizar todas las variables meteorológicas de forma simultánea y de configurar la estación sin dispositivos externos. Algunas de sus variables visuales:

- Velocidad y dirección del viento
- Temperatura y humedad
- Lluvia actual y acumulada diaria, mensual y anual
- Intensidad de lluvia
- Presión atmosférica actual y tendencia
- Pronóstico meteorológico

Figura 11.

Estación meteorológica Davis



Nota. Estación meteorológica Davis montada. Elaboración propia.

2.8.3. Sensor de infrasonido Chaparral

Este dispositivo posee una alta resolución y calidad con una entrada de voltaje de 9 a 18 voltios. Cuenta con la capacidad de grabación precisa de señales que abarcan en un rango de audio de 0.1 a 200 Hz, como explosiones y avalanchas por actividad volcánica.

Figura 12.

Sensor de infrasonido Chaparral M25



Nota. Dispositivo sensorial Chaparral Physics, Modelo 25/21. Obtenido de Chaparral Physics (s.f.). *Cost-effective and durable sensors for the mid-infrasound to low-audio bandwidth.* (<http://chaparralphysics.com/model25-21.html>), consultado el 18 de agosto de 2023. De dominio público.

2.9. Estación sísmica

Es el conjunto de dispositivos e instrumentos capaces de registrar variaciones de la corteza terrestre, movimiento de lahares debido a lluvias, vibraciones debido a actividad volcánica. La estación tiene la capacidad de

transmitir los datos recopilados y enviarlos a servidores para luego poder ser interpretados y analizados. Funcionan con energía renovable (paneles fotovoltaicos), sensores de infrasonido y movimiento de masas, digitalizadores de señales analógicas a digitales y la transmisión se realiza por radioenlaces o telefonía celular.

Figura 13.

Estación sísmica



Nota. Estación sísmica fotovoltaica y sus sensores. Elaboración propia.

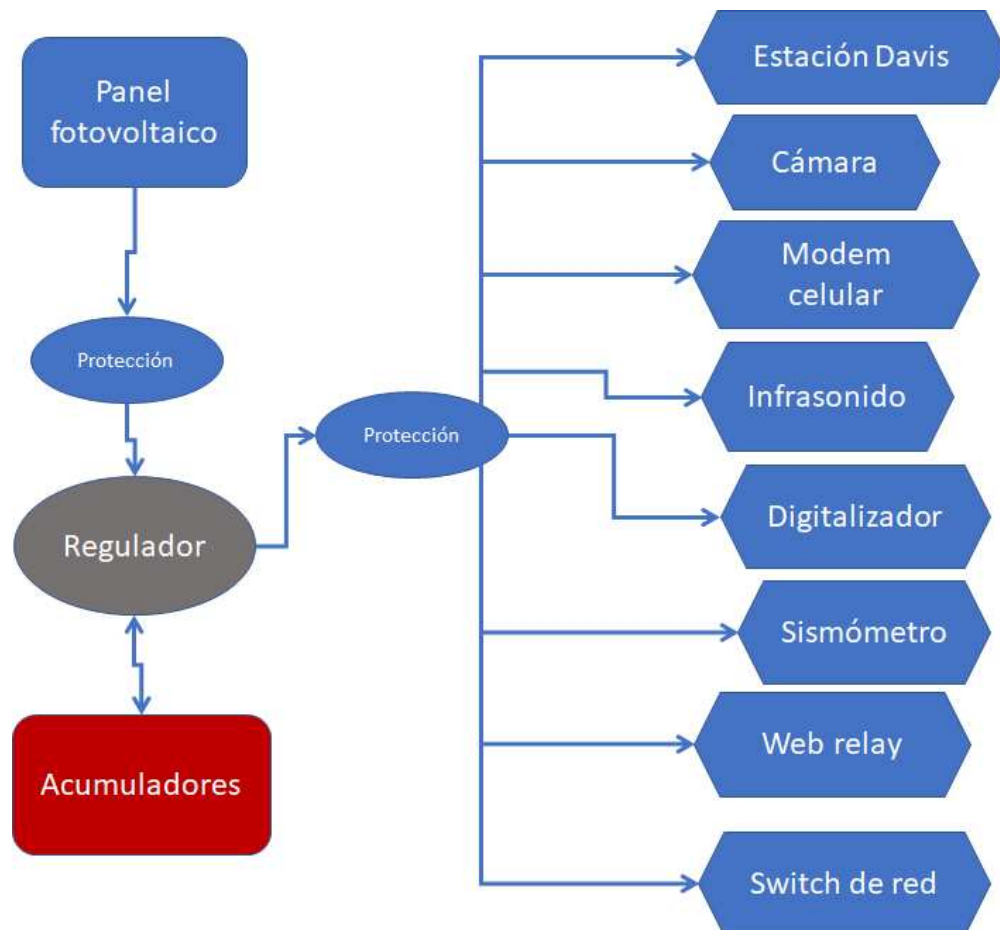
2.9.1. Diagrama de bloques de una estación sísmico-volcánica

Este diagrama se enfoca en la conexión ideal entre los dispositivos que conforman una estación sísmica.

En el caso de la instalación de una estación sísmico-volcánica, se debe tomar en cuenta la capacidad de cargas que el sistema fotovoltaico deberá soportar (ver Apéndice 1), así mismo, cálculos para días de autonomía deseados y materiales a utilizar (ver Apéndice 2 y 3).

Figura 14.

Diagrama de bloques de una estación sísmica-volcánica



Nota. Mapa conceptual de conexión en una estación sísmica. Elaboración propia, realizado con PowerPoint.

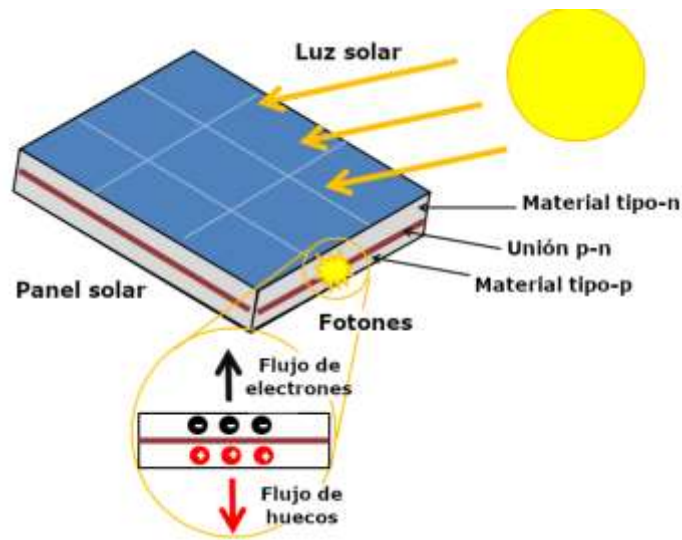
2.9.2. Panel fotovoltaico

También se le conoce como placa solar, este capta la energía solar para realizar el proceso de transformación en energía sostenible. El silicio es el material que recubre las células solares, lo que las hace sensibles a la luz y estas

generan electricidad al recibir la radiación solar gracias al fenómeno físico conocido como efecto fotovoltaico.

Figura 15.

Efecto fotovoltaico



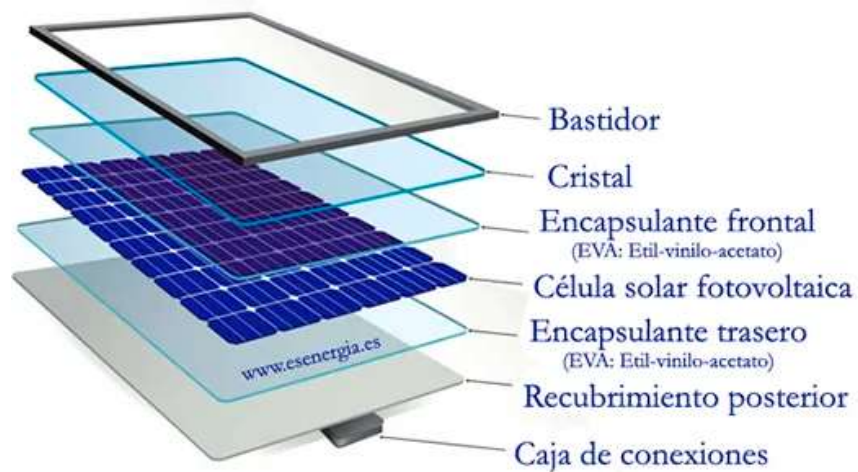
Nota. Ilustración del efecto fotovoltaico en un panel solar. Obtenido de Energy Education (s.f.).
Célula fotovoltaica.
(<https://energyeducation.ca/Enciclopedia de Energia/index.php/C%C3%A9lula fotovoltaica>),
consultado el 18 de agosto de 2023.

El silicio monocristalino, policristalino y de capa fina son los tipos comúnmente utilizados para los módulos fotovoltaicos.

Los módulos de silicio monocristalino suelen ser de color azul oscuro o casi negro, todos sus cristales de silicio internos están orientados en un mismo sentido, poseen una eficiencia de 18 a 21 % con recepción de luz solar perpendicularmente.

Figura 16.

Constitución de un panel solar



Nota. Construcción de un panel solar. Obtenido de A. Ruiz (2023). *La célula solar fotovoltaica: tecnologías y funcionamiento.* (<https://esenergia.es/celulas-solares-tercera-generacion/>), consultado el 20 de agosto de 2023. De dominio público.

Los módulos de silicio policristalino poseen tonos cambiantes por la aleatoriedad de sus cristales de silicio, cuentan con eficiencia de 15 a 17 % al recibir la luz solar perpendicularmente pero mejor rendimiento en periodos largos de uso.

Figura 17.

Paneles fotovoltaicos



Nota. Fotografía del conjunto de paneles normalmente utilizados para una estación sísmica.
Elaboración propia.

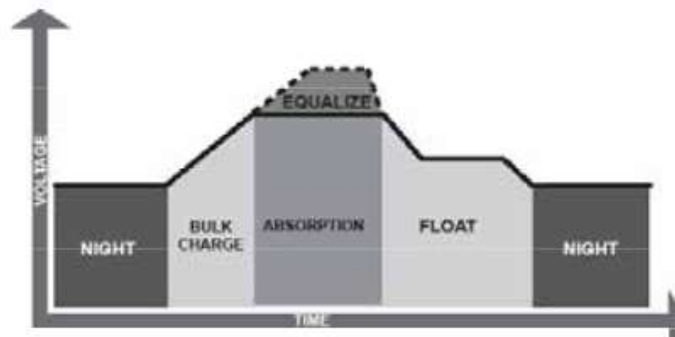
2.9.3. Reguladores de voltaje MorningStar SunSaver MPPT

Evitan las descargas excesivas o las sobrecargas hacia los acumuladores, porque esto produce daños irreversibles, cuentan con sistema integrado contra sobretensiones por parte de los alimentadores (paneles fotovoltaicos). Además, aseguran que el sistema funcione con la mayor eficiencia de energía siempre.

Los dispositivos SunSaver cuentan con la tecnología de carga especial y configurable.

Figura 18.

Algoritmo de carga del SunSaver MPPT



Nota. Algoritmo de carga del SunSaver MPPT. Obtenido de SunSaver MPPT (2021). *Manual de instalación y operación.* (<https://2n1s7w3qw84d2ysnx3ia2bct-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/operation-manual-sunsaver-mppt-es.pdf>), consultado el 22 de agosto de 2023. De dominio público.

Figura 19.

SunSaver MPPT 15L



Nota. Dispositivo físico controlador de voltaje SunSaver MPPT. Obtenido de SunSaver MPPT (2021). *Manual de instalación y operación.* (<https://2n1s7w3qw84d2ysnx3ia2bct-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/operation-manual-sunsaver-mppt-es.pdf>), consultado el 22 de agosto de 2023. De dominio público.

2.9.4. Protectores contra rayos para *ethernet*

Estos dispositivos protegen de sobretensiones una única línea de datos entre el dispositivo y un transmisor de los datos (modem), existen para conectores rs232 y rj45 (blindados), con eso se protegen internamente los dispositivos conectados.

Figura 20.

Power over ethernet PoE DT-CAT



Nota. Diseñado para proteger los equipos de procesamiento de datos sensibles conectados a una red PoE (*Power over Ethernet*) de sobretensiones transitorias para aplicaciones en interiores. Obtenido de ISP International (s.f.) *Protector contra sobretensiones power over ethernet PoE DT-CAT 6A/EA*. (<https://www.lsp-international.com/es/power-over-ethernet-poe-surge-protector-dt-cat-6a-ea/>), consultado el 22 de agosto de 2023. De dominio público.

2.9.5. Arreglo de diodos para acoplar dos bancos de baterías

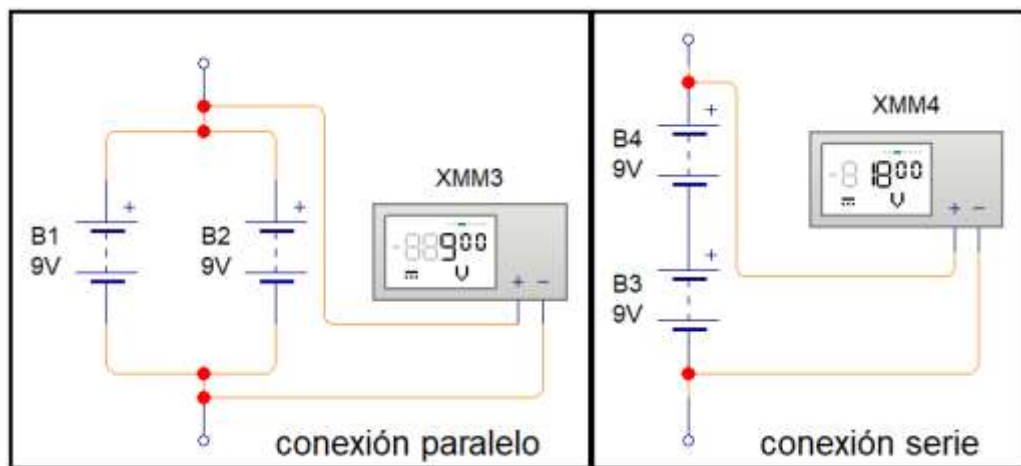
Las estaciones sísmicas deben estar capacitadas para contar con una autonomía considerable de alimentación por baterías de al menos 24 horas seguidas sin luz solar. Por lo tanto, se opta por realizar bancos de baterías de 12

y 24 voltios, según la cantidad de dispositivos que se utilizarán para cada estación.

Los arreglos utilizados en baterías con mismas especificaciones son suma de corrientes por conexión en paralelo (se mantiene el mismo voltaje) y suma de voltaje en conexión en serie (se mantiene el mismo amperaje).

Figura 21.

Conexiones para banco de baterías

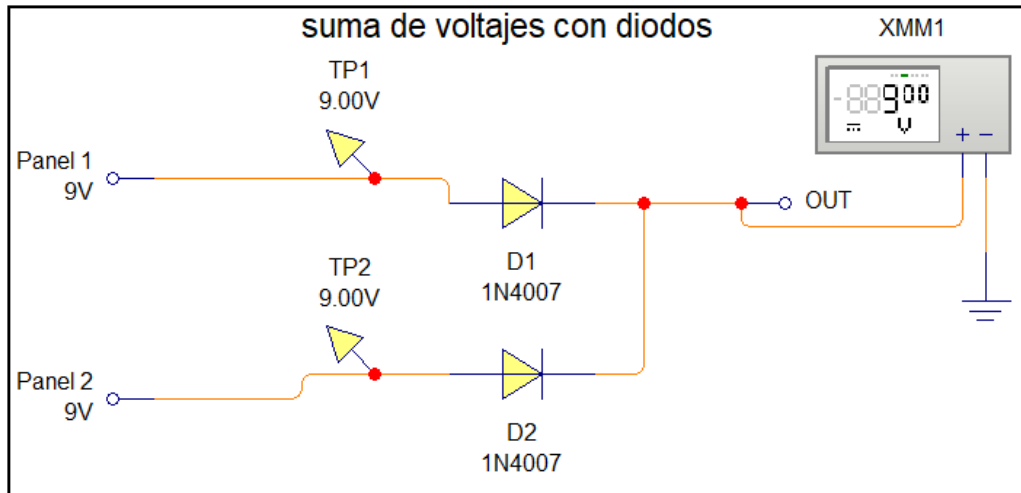


Nota. Conexiones para sumatoria de fuentes de alimentación. Elaboración propia, realizado con LiveWire.

Las conexiones se ven gestionadas por un arreglo de diodos que realizan la operación de suma de corriente, logrando mantener el mismo voltaje, aunque una de las dos no tenga voltaje.

Figura 22.

Arreglo de diodos para sumar



Nota. Sumatoria de voltajes con diodos. Elaboración propia, realizado con LiveWire.

2.9.6. Baterías de gel selladas

Estas baterías están diseñadas para poseer una resistencia elevada a ciclos profundos de carga y descarga. Son principalmente diseñadas para instalaciones solares donde el consumo por picos de consumo es menor que en instalaciones donde se encuentre algún motor que pueda elevar estos picos de consumo iniciales. La vida útil de estas baterías suele ser máximo de 12 años.

Figura 23.

Batería de gel sellada



Nota. Batería solar sellada gel 65A/H 12v. Obtenido de SolarGuat (s.f.). *Batería de GEL 65A 12V.* (<http://solarguat.com/celsq/es/baterias-solares/962-bateria-solar-sellada-gel-65ah-12v.html>), consultado el 22 de agosto de 2023. De dominio público.

2.9.7. Digitalizador Nanometrics Centaur-6

Instrumento capaz de realizar un procesamiento de datos avanzado y detector de eventos en el campo, conteniendo herramientas como telemetría, grabadora y digitalizador de señales análogas. Este dispositivo es la herramienta externa para digitalizar datos de sismómetros, micrófonos de infrasonido, microbarómetros y estaciones meteorológicas, integrando disponibilidad de 3 a 6 canales.

Este digitalizador es ideal para la ciencia multidisciplinaria que involucra aplicaciones de sensores geofísicos. Posee interfaz web donde proporciona visualización del estado de salud y formas de onda en tiempo real.

Figura 24.

Digitalizador Nanometrics Centaur 6



Nota. Dispositivo digitalizador de voltajes Centaur Digital Recorder. Obtenido de Nanometrics (s.f.). *Digitalizador todo en uno.* (<https://www.nanometrics.ca/products/digitizers/centaur-digital-recorder>), consultado el 23 de agosto de 2023. De dominio público.

2.9.8. WebRelay-Dual III

Es un relé *ethernet* controlado por red que puede proporcionar control remoto en distintas aplicaciones, incluyendo el control de bombas de agua y motores, sistemas de bloqueo de seguridad, reinicio remoto y control de iluminación.

Figura 25.

Web relay series III



Nota. Dispositivo accionador remoto X-301 WebRelay-Dual. Obtenido de Control by Web (s.f.). *Remote Relay Controller & Event Scheduler.* (<https://www.controlbyweb.com/x301>), consultado el 24 de agosto de 2023. De dominio público.

2.9.9. Switch industrial de bajo consumo

Es un dispositivo capaz de interconectar todos los equipos en una red, conformando una red de área local (LAN). Dentro de esta red se puede realizar una topología tipo estrella y también compartir archivos e impresoras. Si el *switch* es conectado a un modem o *router*, este será capaz de proveer acceso a Internet a los dispositivos conectados a él.

Figura 26.
Switch industrial



Nota. Switch de red configurable. Obtenido de Community (2022). *Definición, tipos y precio de switch de red.* (<https://community.fs.com/es/blog/definicion-y-tipos-de-switch-de-red.html>), consultado el 25 de agosto de 2023. De dominio público.

2.9.10. Antena de GPS para exterior

Esta antena es capaz de dar lectura de posición, fecha y hora. Es una unidad independiente que se alimenta del digitalizador al que se conecta, entregándole la lectura de datos a 4800 baudios una vez por segundo. La antena está diseñada para uso campestre, por lo que posee una varilla de anclaje y carcasa dura externa resistente a agua y polvo. Se puede energizar de 11 a 28 voltios y la potencia de consumo es de 3 W, la lectura es tomada a 1Hz (1/s).

Figura 27.

Antena GPS



Nota. Fotografía de antena GPS utilizada en estaciones sísmicas. Elaboración propia.

2.9.11. Modem celular DIGI *Transport* WR21 o *Ursalink*

Enrutador celular industrial con funciones inteligentes diseñadas para aplicaciones IOT (*internet of things*). Control remoto global a través de WCDMA (Acceso Múltiple Por División de Códigos) y 4G LTE (4ta. *Generation Long Term Evolution*). Su conectividad se realiza por SIM de compañías telefónicas, logrando una vigilancia de software a través de puertos de red con los dispositivos requeridos. Posee antenas GPS y omnidireccional para la transmisión de datos.

Figura 28.

Modem Ursalink UR32



Nota. Fotografía de dispositivo de conexión remoto. Elaboración propia.

Figura 29.

Aplicaciones de modem Ursalink



Nota. Funciones capaces de realizar UR32 industrial celular router Ursalink. Obtenido de Ursalink (s.f.). UR32 router industrial celular. (<https://drive.google.com/file/d/16DXDJiKouhx--A95XLW8kj89n5NYtVDd/view>), consultado el 25 de agosto de 2023. De dominio público.

2.9.12. Cámara de vigilancia Axis Q1615 Mk II con case protector para exterior

Estas cámaras ofrecen excelente calidad de imagen con una resolución de 2 a 20 MP, poseen un conector rj45 para la transmisión de fotos remotamente o bien se puede trabajar manualmente insertándole una tarjeta microSD. Están diseñadas para condiciones de interiores y exteriores. Debido a su carcasa, estas cuentan con certificaciones IP 66 y IP67, teniendo resistencia al agua, polvo e intemperies de hasta 60 m/s.

El uso de la cámara en una estación volcánica sirve para obtener una imagen de lahar y/o cumbre de volcán, con estas imágenes se puede determinar:

- Cantidad de corriente de densidad piroclástica
- Cambios topográficos en las barrancas
- Dirección de corriente piroclástica
- Incandescencia nocturna del coloso
- Corrientes de lahares
- Dirección de dispersión de ceniza
- Flujos de lava
- Explosiones
- Desgasificaciones
- Avalanchas
- Área afectada por volcán

Figura 30.

Cámara Axis con case para exterior



Nota. Fotografía de cámara axis utilizada para captar evidencia visual de los colosos. Elaboración propia.

Figura 31.

Conexiones de cámaras Axis



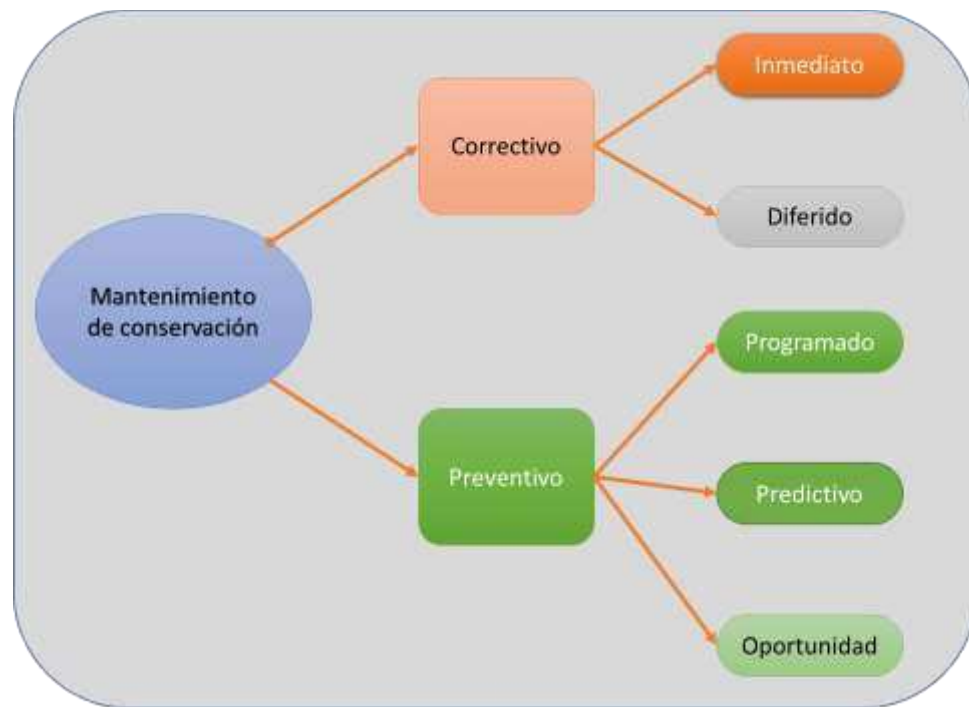
Nota. Conexiones físicas de cámara Axis. Elaboración propia.

2.10. Mantenimiento

Conjunto de acciones o actividades necesarias para conservar una unidad o dispositivo en operación para que cumpla con sus funciones predeterminadas.

Figura 32.

Clasificación de mantenimiento



Nota. Diagrama de bloques de mantenimiento. Elaboración propia, realizado con PowerPoint.

2.10.1. Tipos de mantenimiento

La actividad de mantenimiento se puede desglosar en dos categorías significativas, las cuales pueden solucionar total o parcialmente algún inconveniente en dispositivos eléctricos, electrónicos o mecánicos.

2.10.2. Mantenimiento de correctivo

Se trata de la corrección de fallas o desperfectos, implica reparación o reemplazo. Se clasifica en:

- Correctivo inmediato: se aplica inmediatamente al aparecer desperfecto o falla.
- Correctivo diferido: se realiza un sece de actividades hasta poder destinar el tiempo y recurso para la reparación.

2.10.3. Mantenimiento preventivo

Se enfoca en mantener la funcionalidad de los equipos, posponiendo su fallo antes de que estos se presenten por desgaste o contaminación externa. Se clasifican en:

- Programado: tiempo estipulado necesario para el funcionamiento óptimo del equipo, se analiza el estado del equipo y se programan fechas donde es posible prevenir fallas.
- Predictivo: se realiza las intervenciones prediciendo el momento que el equipo quedará fuera de servicio mediante un seguimiento de su funcionamiento determinando su evolución, y por tanto el momento en el que las reparaciones deben efectuarse.

- De oportunidad: luego de la comprobación del estado del equipo durante la visita técnica, se aprovecha ese tiempo para darle un mantenimiento al equipo que así lo requiera.

2.11. Ventajas y desventajas de mantenimiento

El mantenimiento es una práctica rutinaria en la cual se busca prolongar la vida útil de los dispositivos o equipos, para que estos sigan cumpliendo con su función por periodos de tiempo más largos.

2.11.1. Ventajas

- Evitar mantenimientos correctivos
- Evitar la detención del servicio de la estación
- Disminuir costos
- Mejorar la vida útil de los equipos
- Ahorro de recurso monetario

2.11.2. Desventajas

- En algunos casos, detención de servicio por mantenimiento
- Personal dedicado a mantenimiento
- Gastos en insumos para el mantenimiento
- Mayor gasto al inicio

2.12. Normas de mantenimiento

La norma ISO 13374: Supervisión del estado y diagnóstico de máquinas. Procesamiento, comunicación y presentación de datos, indica: “La norma ISO 13374-1:2003 establece pautas generales para las especificaciones de software relacionadas con el procesamiento de datos, la comunicación y la presentación de información de diagnóstico y monitoreo del estado de la máquina” (International Organization for Standardization, 2003, párr. 8).

ISO 13374-2:2007 detalla los requisitos para un modelo de información de referencia y un modelo de procesamiento de referencia a los que debe ajustarse una arquitectura abierta de monitoreo y diagnóstico de condiciones (CM&D). Los profesionales del diseño de software requieren tanto un modelo de información como un modelo de procesamiento para describir adecuadamente todos los requisitos de procesamiento de datos. ISO 13374-2:2007 facilita la interoperabilidad de los sistemas CM&D. (International Organization for Standardization, 2007, párr. 3)

Además:

Renovetec ha puesto en marcha el Instituto Renovetec de Ingeniería del Mantenimiento (IRIM), una sociedad científica dedicada al estudio y análisis del mantenimiento de instalaciones industriales y de edificación. Esta sociedad, que se financiará al margen de ayudas públicas de cualquier tipo, tiene entre sus principales fines la difusión de información y

el desarrollo de metodología que permita mejorar los resultados de mantenimiento de un amplio rango de tipos de instalaciones. (Renovetec, s.f., párr. 10)

Con el ANSI TAPPI TIP 0305-34: 2008 se considera un protocolo imprescindible en cualquier departamento de mantenimiento. El ANSI TAPPI TIP 0305-34 es la parte del documento de información técnica TIP 0305-34, y permite crear listas de comprobación para el mantenimiento tanto diario, como semanal e incluso mensual.

Las listas de verificación de mantenimiento son imprescindibles para conseguir focalizar y efectuar el mantenimiento necesario en cada planta.

Y este modelo de ANSI enseña de manera práctica, cómo crear y mantener una checklist con información vital para un correcto mantenimiento. Tan solo tienes que personalizar esta lista de verificación de acuerdo con las necesidades de la planta, los equipos y las máquinas que la componen. (Díaz, 2020, s.p., párr. 9-10)

2.13. Software de monitoreo y control

Se trabajó con el software de Microsoft Office Excel, considerando su amplio catálogo de opciones, diseño de tablas, listados, operaciones y uso de macros.

2.13.1. Microsoft Office Excel

Excel es una herramienta muy eficaz para obtener información con significado a partir de grandes cantidades de datos. También funciona muy bien con cálculos sencillos y para realizar el seguimiento de casi cualquier tipo de información. La clave para desbloquear todo este potencial es la cuadrícula de las celdas. Las celdas pueden contener números, texto o fórmulas. Los datos se escriben en las celdas y se agrupan en filas y columnas. Esto permite sumar datos, ordenarlos y filtrarlos, ponerlos en tablas y crear gráficos muy visuales. (Microsoft, s.f. b, párr. 2)

2.13.2. Macros

Las macros son secuencias de eventos (como pulsaciones de teclas, clics de mouse y retardos) que se pueden reproducir para ayudar con tareas repetitivas. Pueden usarse también para reproducir secuencias largas o difíciles de ejecutar. Puedes asignar una macro grabada en el Centro de teclado y Mouse de Microsoft a una tecla o a un botón del mouse. Puedes usar también la función Repetir macro para reproducir y repetir una macro continuamente, y después detenerla en cualquier momento. (Microsoft, s.f. a, párr. 1)

3. DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

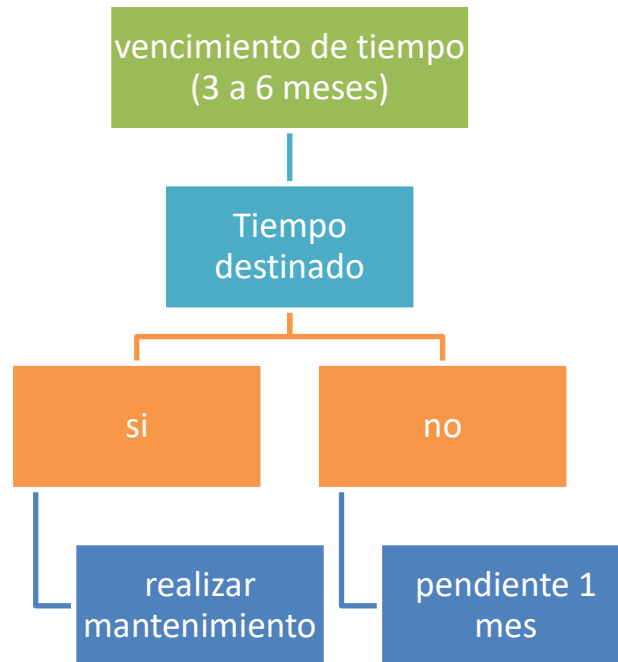
El diseño de un plan de mantenimiento preventivo para estaciones sísmicas influenciará positivamente en la vida útil de los equipos de vigilancia de actividades sísmicas en la corteza terrestre.

3.1. Organigrama de proceso

La tarea de mantenimiento se cataloga en periodos de 3 a 6 meses según su condición en el campo (área lluviosa, árida, nubosidad, entre otras). Al vencer el tiempo estimado para realizar el mantenimiento, se evalúa si existen prioridades en otras estaciones o si hay tiempo destinado para la realización del mantenimiento, de no ser así, se prolongará máximo un mes para poder realizar el mantenimiento preventivo y así evitar mal funcionamiento de la estación.

Figura 33.

Organigrama de proceso de mantenimiento preventivo



Nota. Propuesta de mantenimiento preventivo a estaciones sísmicas. Elaboración propia, realizado con SmartArt.

3.2. Inspección y registro de estación

Cuando se realiza una visita técnica, debe inspeccionarse y registrarse el estado de los dispositivos que conforman dicha estación, realizando anotaciones pertinentes o comentarios para corroborar el estado según registros previos.

Tabla 1.

Hoja de inspección y registro

INSPECCIÓN Y REGISTRO							
ESTACION: STG6			UBICACIÓN:			Fecha: DD/MM/YY	
CANTIDAD	NOMBRE	MODELO	SERIE	No. INVENTARIO	MARCA	OBSERVACIONES	ESTADO
8	Panel solar	spm055p	200508110179, 181107091640, 200508110447, 181107091636, 181107091671, 200508110648, 181107090623, 200508110666		SOLARTEC H POWER, INC.	55W 3.1A 18.18V 25.7x25.2x1.38 pulg 36(4x9)celdas	E

E	Excelente	100%
B	Bueno	80%
R	Regular	50%
M	Malo	20%
P	Pesimo	10%

Nota. Formato a llenar durante una inspección. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

En la tabla anterior debe detallarse la cantidad de dispositivos por agrupación, nombre, modelo, número de serie, número de inventario, marca de los equipos, observaciones de dicho equipo y el estado en el que se encuentra. Los datos agregados en esta hoja de inspección deben agregarse al documento de control y registro general.

3.3. Planificación de visitas técnicas para mantenimiento según su estatus y aprobación

Las visitas técnicas son programadas según el interés o prioridad sobre ellas, es decir, la reparación es un factor importante para dar luz verde a una visita técnica, estas pueden ser reparaciones menores en el caso de calibración de equipo o mayores como el cambio total de un equipo.

Las visitas son esenciales para evitar la suspensión de servicio en la transmisión de datos de alguna estación, ya que estas estaciones juegan un papel importante en el sistema de alerta de prevención de actividades volcánicas que puedan poner en peligro poblaciones cercanas a los colosos.

Para realizar una visita técnica se toman en cuenta los siguientes factores:

- Fallas menores
- Fallas mayores
- Reparación de equipo
- Cambio de equipo
- Antigüedad del equipo
- Ubicación de la estación
- Tiempo fuera de línea o suspensión de servicio

La ubicación de las estaciones en el campo juegan un papel importante a la hora de realizar una programación de mantenimiento, algunas estaciones necesitarán un lapso de 3 meses para realizar su mantenimiento y otras hasta periodos de 6 a 7 meses (dependiendo del ambiente donde se ubiquen).

3.4. Desarrollo de documento en Excel del control y registro

Se maneja el inventario y control de cada estación volcánica, dividida en secciones y utilizando macros para un fácil manejo de la herramienta digital.

Figura 34.

Índice de registro de estaciones volcánicas



Nota. Formato de redireccionamiento dentro de la base de datos. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

En la ilustración anterior se muestra un índice del registro de cada estación volcánica, al utilizar vínculos se puede automatizar la función de navegación por hoja en el libro de Excel en cuestión, para dirigirse a un registro en específico solo debe hacer clic en el icono con el nombre de la estación.

De la misma forma en que se agregan los datos en la hoja de inspección y registro, se debe llenar en la ilustración siguiente. Al completar el llenado de las casillas, se guarda haciendo clic en el botón con el nombre de la estación en

donde se encuentra el equipo. Si el equipo es nuevo y se instala en la estación se debe llenar la casilla “fecha in”, mostrando la fecha de instalación.

Figura 35.

Ingreso de registro de equipos

CANTIDAD	NOMBRE	MODELO	SERIE	No. INVENTARIO	MARCA	OBSERVACIONES	Estado	fecha in	fecha out

INGRESO REGISTRO

YOLCAN DE FUEGO: FG3, FG8, FG10, FG11, FG12, FG13, FG14, FG16, FGYP

VOLCAN SANTABARBARA: STG0, STG1, STG2, STG4, STG5, STG6, STG7, STG9

VOLCAN DE PARICAYA: PCG, PCG2, PCG4, PCG5

INDICE

Nota: rellene los campos y luego presione el boton donde quiere registrar el equipo

E	Excelente
MB	Muy Bueno
B	Bueno
R	Regular
M	Malo
MM	Muy Malo
P	Pésimo

INDICE REGISTRO FG3 FG8 FG10 FG11 FG12 FG13 FG14 FG16 FGYP ST

Nota. Datos a rellenar para base de datos. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Si se quiere revisar el registro que se lleva de una estación, debe irse al índice o buscar el nombre de la estación en la barra inferior.

Tabla 2.

Registro de estación del volcán de Fuego

REGISTRO									
ESTACION	FG8		UBICACION						
BUSCAR									
CANTIDAD	NOMBRE	MODELO	SERIE	No. inventario	MARCA	OBSERVACIONES	ESTADO	fecha in	fecha out
1	antena				restringida	nombre: Cto Del Volcán 75m Pon:2000 Leadbox 15A			
1	Regulador mean well	CLG15015A	HB5452714 1		MeanWell	Via 106-04702A Via 15V4A	8		
5	transformador	E184432	sp107248		E.T.E.	1 protección general y a dependientes	8		
1	router (funcion switch)	E46350 V2	14Y201016 D1147		Linksys	Wrt54GLv2v1: Linksys Wrt54GLv2v1: 14Y201016 D1147 Wrt54GLv2v1: Linksys Wrt54GLv2v1: 14Y201016 D1147	2		
1	servidor FTP	g4703a-mp	0003643688 09		netdancer	Wrt54GLv2v1: Linksys Wrt54GLv2v1: 14Y201016 D1147	8		
1	sonda V2	2 uE				DCM-15 MAR 2014 RC V4 28 MAR 2014			
2	protector eléctrica	V6-18A	LT2017566 520805		POLYPHASE	protección eléctrica tipo para rayos con gas interno, con sobrecarga motor dispositivos, deben de conducir a través del gas y alertar la subestación 5024	8		

INDICE

REGISTRO

FG8

FG9

FG10

FG11

FG12

FG13

FG14

FG16

FG17

...

FG18

FG19

FG20

Nota. Datos registrados de una estación sísmica. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

3.5. Directrices para mantenimiento preventivo de estaciones sísmicas

Serie de instrucciones y recomendaciones pensadas para mantenimiento específico de los equipos utilizados para una estación sísmica.

Panel fotovoltaico:

- Desconexión de cables.
- Medición de voltaje y corriente en circuito abierto (Voc & Ioc) saliente el panel.
- El voltaje y corriente con luz solar debe estar entre cercano al valor en su ficha técnica (Voc & Ioc).

- Aplicación de producto de limpieza como limpia vidrios o alcohol isopropílico sobre la superficie del panel.
- Limpieza con paño limpio o papel periódico sobre superficie que recibe luz solar.
- De ser necesario limpiar con paño húmedo que no escurra y luego secar la superficie.
- Revisión de cableado entre panel y regulador para corroborar que los cables no estén en mal estado.
- Si es el caso, cortar puntas dañadas y realizar nueva conexión, ya sea hacia el panel o al regulador.

Regulador fotovoltaico:

- Comprobar que el controlador esté firmemente montado en un lugar limpio y seco.
- Comprobar que la circulación de aire alrededor del controlador no esté bloqueada. Limpie bien el disipador de calor.
- Inspeccionar todos los conductores para verificar que no estén dañados por el sol, abrasión, sequedad, insectos o roedores. Cambiar los conductores que no estén en buenas condiciones.
- Ajustar todas las conexiones eléctricas según las recomendaciones del fabricante.
- Verificar las luces piloto y compare con los parámetros recomendados por fabricante.
- Comprobar que no haya indicaciones de errores o fallas.

Acumuladores:

- Inspeccionar el banco de baterías.

- Limpiar con aire comprimido o trapo seco la carcasa de las baterías y bornes.
- De ser necesario, retirar borneras y cables de conexión.
- Comprobar que no haya protuberancias en las cajas ni terminales corroídos.
- Si los bornes o terminales se encuentran corroídos, limpiar con cepillo de alambre, lija media o fina (#250 a #500) o bien bicarbonato con limón (la reacción química de estos permite la limpieza del sarro) y un trapo.
- Verificar el nivel de líquido en baterías convencionales. El nivel debe inspeccionarse frecuentemente, según las indicaciones del fabricante.
- Si en dado caso son baterías de gel, se mide voltaje, se prueba con carga (cautín) o bien se corrobora la fecha para comprobar su vida útil.
- Probar con carga: se desconectan los arreglos de baterías y se comprueba con un cautín conectado en sus terminales, se toma lectura de voltaje en las terminales y si el voltaje de batería cae por debajo de 11v, quiere decir que la batería se encuentra en mal estado.
- Si la batería está en dañada o en mal estado, se debe reemplazar con una en buen estado.

Protección:

- Inspeccionar todos los componentes del circuito de puesta a tierra del sistema.
- Verificar que cada conductor esté firmemente conectado al sistema de puesta a tierra.
- Comprobar que no haya impurezas, ni terminales corroídos en cada protección.
- Si las terminales se encuentran corroídas, limpiar con cepillo de alambre o bicarbonato y limón o agua y un trapo.

- De red: revisar cable RJ-45 ambos extremos, revisar juego en el puerto (que no se mueva el conector), comprobar corrosión interna (contaminación con agua).
- Con un trapo limpio, limpiar el cable completo, cuando se conecte el cable revisar que entre justo y no tenga movimiento, medir resistencia en el cable y verificar que sea pequeña.
- De gas: revisar conexiones debido a corrosión y humedad, comprobar estado de conectores de RF, revisión de contaminación a lo largo del cable.
- Con un trapo limpio, limpiar el cable completo, cuando se conecte el cable revisar que entre justo y no tenga movimiento, comprobar estado de pasta protectora, medir resistencia en el cable y verificar que sea pequeña.
- De regulador DC: revisión de puertos o terminales en tarjeta, comprobación de reducción de voltajes de entrada y salida.
- Verificar que las terminales no tengan corrosión o sarro, limpieza con cepillo de alambre o bicarbonato y limón y un trapo. Verificar el voltaje de entrada se encuentre dentro del rango del dispositivo y su respectiva salida reduzca el voltaje de entrada hasta el programado en la especificación o deseado con el potenciómetro.

Estación Davis vantage pro/pro2:

- Tomar fotos de configuraciones del dispositivo por medio del monitor (de ser necesario).
- Apagar dispositivo.
- Veleta.
 - Con un trapo o paño limpio, limpiar la veleta y verificar que su giro es limpio.

- Aplicar aceite en eje o simplemente limpiarlo con una navaja para limpiar residuos de fricción.
- Verificar estado del cable y de preferencia limpiarlo con un trapo de extremo a extremo.
- Verificar que la conexión no tenga juego.
- Copas de viento.
 - Con un trapo o paño limpio, limpiar la parte externa e interna de las partes cóncavas.
 - Aplicar aceite en eje o simplemente limpiarlo con una navaja para limpiar residuos de fricción.
 - Verificar estado del cable y de preferencia limpiarlo con un trapo de extremo a extremo.
 - Verificar que la conexión no tenga juego.
- Cono colector de lluvia
 - Para mayor comodidad desensamblar de la estación, separar picos contra pájaros y filtro de escombros.
 - Con un trapo o paño limpio, limpiar superficie interna y contorno de sujeción.
- Cuchara basculante.
- Desensamblar el cono colector de lluvia.
- Limpiar contorno de sujeción.
- Limpiar cucharas recolectoras con un paño o trapo limpio.
- Verificar el balance de la base de las cucharas.
- Nivelar a 0° la estación y rociar agua en la cuchara levantada hasta que baje y luego rociar la misma cantidad de agua en la otra cuchara y esperar a que esta baje, así comprobamos el balance correcto de este sensor; limpiar el receptor óptico de este sensor con aire comprimido, luego con un paño o algodón limpio, evitando residuos externos que rayen o fisuren el lector. Filtro de escombros.

- De preferencia retirar el cono colector de agua, dentro de este retirar el filtro con presión y giro.
- Limpiar las rejillas del filtro con brocha, cepillo de dientes, trapo, aire comprimido de interior a exterior.
- Picos contra pájaros.
 - Retirar cada uno de ellos con presión, mejor si es con herramienta.
 - Limpiar agujeros con aire a presión o alambre más delgado.
 - Lijar cada uno de ellos hasta retirar óxido o imperfecciones (de preferencia dejar brillantes para asustar a las aves).
 - En caso de que estén muy desgastados, pintarlos con spray plateado brillante.

PCBA (*Printed Circuit Board Assembly*):

- Abrir esta consola y revisar empaques, limpiarlos con trapo limpio.
- Revisión interna que esté libre de plagas.
- Limpieza con aire comprimido y limpiar contactos los circuitos impresos y bornes de conexión.
- Cables de conexión ajustados en sus conectores.
- Limpieza de extremo a extremo del cable.

Monitor Davis:

- Limpieza externa de este monitor y pantalla.
- Limpieza de conectores con aire comprimido y limpiar contactos.
- Verificar la toma y muestra de lecturas por la estación en el monitor.
- Limpieza externa general con paño limpio húmedo.
- Aplicar producto contra plagas (de ser necesario).

Cámara:

- Desconectar cable y limpiarlo con paño limpio de extremo a extremo.
- Verificar la sujeción en los bornes.
- Limpieza externa de carcasa con aire comprimido y paño limpio (brocha o cepillo de ser necesario).
- Limpieza de vidrio con limpia vidrios y papel periódico o paño de microfibra.
- Del mismo modo, al destapar limpiar lente de cámara (en caso fuese necesario).
- Limpieza interna, retirar tornillos y limpiar interior con aire comprimido.
- Limpiar con limpia contactos los bornes de conexiones de la cámara.
- En caso la cámara se haya desviado de su enfoque, aflojar tornillos de la rodilla estabilizadora y enfocar la cámara, luego apretar los tornillos previamente aflojados.

Modem celular:

- Desconectar alimentación y conexiones (si tiene fallo en señal).
- Limpieza externa con paño limpio.
- Aplicar limpia contactos en conexiones al contorno del modem y limpiar con cepillo.
- Limpieza de base de chip al levantar la tapadera frontal, limpieza con limpia contactos (en otros modelos solo retirar chip al presionar su orilla y aplicar limpia contactos).
- Reconectar modem luego de limpieza.

Infrasonido:

- Limpieza externa con paño limpio.
- Limpieza de conexiones con limpia-contactos.
- Limpieza de cables de extremo a extremo (si es posible).

Acelerómetro:

Este mantenimiento aplica solo cuando el equipo se retira del campo, se reubica de lugar, inundación, saturado de contaminantes. De lo contrario no se debe manipular dicho equipo.

- Limpieza externa con paño limpio
- Verificar el nivel de burbuja en su superficie
- Ajustar girando los tornillos en su parte inferior
- Limpieza de conexiones con limpia contactos
- Limpieza de cables de extremo a extremo
- Orientar hacia el norte

Sismómetro:

Este mantenimiento aplica solo cuando el equipo se retira del campo, se reubica de lugar, inundación, saturado de contaminantes. De lo contrario no se debe manipular dicho equipo.

- Limpieza externa con paño limpio
- Verificar el nivel de burbuja en su superficie
- Ajustarlo girando los tornillos en su parte inferior
- Limpieza de conexiones con limpia-contactos

- Limpieza de cables de extremo a extremo
- Orientar hacia el norte

Digitalizador:

- Limpieza externa con paño limpio.
- Limpieza con aire comprimido y limpia-contactos en sus borneras o conectores.
- En caso de sarro utilizar bicarbonato y cepillo para limpieza.
- Comprobar sujeción de conectores.
- Limpieza de cables de extremo a extremo.

Web relay:

- Limpieza externa con paño limpio
- Limpieza de conexiones con limpia-contactos
- Limpieza de cables de extremo a extremo
- Comprobar sujeción de cable (de ser necesario cambiar)

Switch de red:

- Limpieza externa con paño limpio
- Limpieza de conexiones con limpia-contactos
- Limpieza de cables de extremo a extremo
- Comprobar sujeción de cable (de ser necesario cambiar)

4. DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

El plan de mantenimiento correctivo está enfocado para el equipo que es libre de mantenimiento y su única solución al presentar falla es el reemplazo del mismo.

4.1. Organigrama de proceso

En la siguiente figura se presenta el orden jerárquico para poder realizar una reparación o mantenimiento correctivo de un equipo o dispositivo en una estación sísmica.

Figura 36.

Proceso de mantenimiento correctivo



Nota. Organigrama de mantenimiento correctivo para una estación sísmica. Elaboración propia, realizado con SmartArt.

- Estación: equipo o equipos que presentan una falla y no operan de manera óptima (Ejemplo: equipo fuera de línea podría referirse a falta de energía eléctrica, sin Internet o bien enlace interrumpido por obstrucción).
- Inspección de alertas: encargados de revisar los datos adquiridos por medio de comunicaciones de radio e Internet y así identificar fallo en transmisión o recepción de equipos desplegados para luego comunicarla al departamento de instrumentación científica.
- Instrumentación científica: personal técnico encargado de la solución de problemas relacionado con el equipo, alimentación, cambio, reemplazo de piezas o mantenimiento.
- Identificación sismología y vulcanología: se identifica la locación de la estación en fallo y coordina con el departamento de instrumentación científica para realizar una visita técnica, pensada para solucionar el problema.
- Falla eléctrica: dependiendo del grado de la falla, se envían uno o varios técnicos para resolver el problema, estas fallas consisten en alimentación del equipo por energía renovable o bien conectada a AC (corriente alterna). Un ejemplo puede ser el fallo en paneles solares o baterías deterioradas.
- Falla digital: configuración remota, reinicio de *web relay*, actualización de software, entre otras.

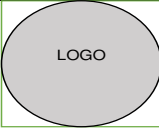
4.2. Boletín de asistencia técnica

Registro o bitácora de la asistencia técnica requerida en el cual se encuentra detallado:

- Membrete de la institución o empresa.
- Nombre de personal del departamento a quien se le notifica del problema.
- Nombre del área que reporta el fallo o problema.
- Estación que presenta falla.
- Tipo de fallo.
- Fecha y hora de fallo.
- Observaciones del fallo (detalle del problema).
- Cómo se resolvió el fallo (detalle de lo que se realizó para solucionar el problema).

Figura 37.

Plantilla propuesta de boletín de asistencia técnica

---INSTITUCIÓN O EMPRESA---		
Departamento de mantenimiento: _____ Reporta: _____		
Estación:	Hora y fecha de fallo:	Como se resolvió:
Tipo de fallo:	Observaciones:	

Nota. Formato propuesto para solicitud de asistencia técnica. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

4.3. Identificación de daño en equipo

Cuando un dispositivo presenta un fallo o problema que compromete la funcionalidad de la estación, este es inspeccionado con pruebas cortas de alimentación, revisión externa e interna y cableado en buen estado (según su fecha técnica).

Si el problema es de comunicación o transmisión de datos, se recurre a realizar pruebas de conectividad en dispositivos celulares para corroborar el plan de datos de la tarjeta SIM (*Subscriber Identity Module*) que permite dicha transmisión.

4.4. Fallas de equipo

Dentro de las fallas que puede presentar un dispositivo de la estación están las físicas y no físicas.

Dentro de los fallos físicos se catalogan plagas, corrosión, inundación, suciedad hasta quebraduras o daños visibles (caídas de rayos).

Las fallas no físicas son daños en software, interferencia electroestática, nubosidad que dificulte la transmisión, plan de datos, control remoto y acceso a Internet.

4.4.1. Solución a corto plazo

Las soluciones a corto plazo abarcan toda acción necesaria para mantener a uno o varios equipos en funcionamiento. Como ejemplo se puede mencionar el calibre de los cables, sujetadores (cinchas plásticas), planes de datos por días o hasta 1 semana en lugar de planes mensuales, reemplazo de tarjeta SIM, entre otros.

Estas soluciones se realizan cuando no es posible el reemplazo de cables, piezas o dispositivos específicos.

4.4.2. Solución a largo plazo

Estas soluciones son definitivas a partir de soluciones a corto plazo. Incluye el cambio y/o reemplazo de piezas o dispositivos para que la estación funcione en un buen estado.

Las soluciones más comunes a largo plazo son el reemplazo de cableado, ya que es accesible económicamente y la mayoría de estos están expuestos a la intemperie, el reemplazo de dispositivos suele ser más tardado debido a su procedencia extranjera y temas de garantía.

4.5. Directrices para mantenimiento correctivo de estaciones sísmicas

Panel fotovoltaico. Reemplazo de:

- Cableado
- Terminales
- Tubo protector de cable

- Paneles

Regulador fotovoltaico. Reemplazo de:

- Terminales del cableado entrante
- Dispositivo

Acumuladores. Reemplazo de:

- Baterías o acumuladores
- Cableado
- Terminales

Protección. Reemplazo de:

- Mordazas de sujeción de puesta a tierra
- Cableado dañado de puesta a tierra de los dispositivos
- Terminales
- Protector de red o bien, terminales rj45 conectadas al dispositivo
- Regulador DC (tarjeta electrónica reductora de voltaje ajustable)

Estación Davis vantage pro/pro2:

Dentro del mantenimiento correctivo de esta, aplica el cambio y/o reemplazo de partes de la estación o bien la estación completa:

- Baterías en monitor y/o estación
- Cable de comunicación entre monitor y estación
- Veleta

- Copas de viento
- Cono colector de lluvia
- Sensor pluviómetro (cuchara basculante)
- Filtro de escombros
- Picos contra pájaros
- Monitor de estación o PCBA (*Printed Circuit Board Assembly*)

Cámara. Reemplazo de:

- Cableado de comunicación
- Cableado de aterrizaje a tierra
- Dispositivo

Modem celular. Reemplazo de:

- Cableado
- Antenas
- Terminales rj45 que ingresan
- Cambio de tarjeta SIM
- Dispositivo

Infrasonido. Reemplazo de:

- Cableado
- Dispositivo

Acelerómetro. Reemplazo de cableado o de dispositivo.

Sismómetro. Reemplazo de cableado o de dispositivo.

Digitalizador. Reemplazo de:

- Cableado
- Dispositivo

Web relay. Reemplazo de:

- Cableado y terminales rj45
- Dispositivo

Switch de red. Reemplazo de:

- Cableado y terminales rj45
- Dispositivo

5. DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO DE OPORTUNIDAD

El plan de mantenimiento de oportunidad se realizará a estaciones donde las condiciones del área sean amenazantes para los equipos de la estación y no se pueda realizar cada tres meses.

5.1. Organigrama de proceso

El mantenimiento preventivo o parcial de los equipos quedará a criterio del técnico que realiza la inspección, teniendo como objetivo la optimización y comunicación de la estación sísmica remotamente con la central de monitoreo.

Figura 38.

Organigrama de proceso para mantenimiento de oportunidad



Nota. Flujograma de mantenimiento de oportunidad. Elaboración propia, realizado con SmartArt.

5.2. Inspección y registro de estación

Esta inspección se realiza de la misma forma como se menciona anteriormente en la sección 3.2 (tabla 1), añadiendo en el apartado de observaciones el tipo de mantenimiento que se le realizó al equipo en inspección (parcial o preventivo).

5.3. Herramienta mínima para visita técnica

Al realizar una visita técnica, debe contarse con un plan de trabajo y seleccionar la herramienta necesaria para dicha visita, de manera que el trabajo a realizar se complete de manera rápida y segura.

Dentro de los insumos necesarios siempre debe contarse con cable de calibre previamente instalado en la estación, conectores y terminales hembra y macho (de red y de potencia) y cinchas plásticas o de metal.

Corte tubos:

- Metro
- Sierra o segueta
- Prensa
- *Vice grip*

Preparación de terreno:

- Pala
- Piocha
- Sacatierra

- Azadón
- Machete
- Barreta
- Coba
- Almagana

Armazón de tubería

- Llave 9/16
- Llave 7/16
- Nivel
- Cangrejo
- Caimán
- Escalera plegable

Ajustes de equipo:

- Destornillador Philips
- Destornillador plano
- Cautín
- Estaño
- Pasta para soldar
- Juego de hexagonales
- Alicata
- Guía acerada
- Barreno
- Brocas
- Cinta aislar

- Termo encogible
- Ponchadora de terminales
- Martillo
- Navaja multiusos
- *Laptop*

5.4. Falla repentina durante visita técnica

En la mayoría de dispositivos eléctricos y electrónicos los campos eléctricos pueden afectar en su correcto funcionamiento, por lo tanto, previamente al trabajar con estos equipos, el personal debe descargar su carga estática tocando metal o utilizando protecciones como brazaletes antiestática, esto para no influir en el funcionamiento de los dispositivos y así evitar fallas repentinas.

5.4.1. Respuesta posible a fallas repentinas

Al contar con un plan de trabajo en una estación y poseer la herramienta necesaria, se podrá dar una solución rápida a este tipo de fallas.

Dentro de las posibles respuestas rápidas a estas fallas se encuentran el cambio de accesorio o cables (excesivamente largos) que puedan generar cargas estáticas, las posiciones de los dispositivos de transmisión (antenas omnidireccionales) y poda de vegetación alrededor de la estación.

5.4.2. Fallas repentinas sin solución prevista

En esta categoría se encuentran los cambios o reemplazos de los dispositivos con mal funcionamiento durante su manipulación o inspección. Un ejemplo son los conectores únicos con los que trabajan algunos equipos que son de tipo militar y cable especial, por lo tanto, se aplica una reparación a corto plazo, manteniendo su funcionamiento hasta darle solución definitiva en la siguiente visita técnica.

5.5. Directrices para mantenimiento de oportunidad de estaciones sísmicas

El mantenimiento de oportunidad se realiza al concluir el estado de equipo luego de su inspección, esta actividad debe realizarse en conjunto con las directrices de mantenimiento preventivo y debe registrarse a qué equipos se les aplicó dicho mantenimiento.

Este mantenimiento debe realizarse completo o parcial en dispositivos que así lo requieran. Como ejemplo es posible mencionar los paneles solares, comprobando que su funcionamiento es el correcto, se procederá a realizar una limpieza superficial de las celdas fotovoltaicas y la estación Davis con su limpieza del filtro contra escombros.

5.5.1. Directrices de mantenimiento parcial

Este tipo de mantenimiento se enfoca en la limpieza superficial del equipo, lo cual permite no realizar pruebas (si el equipo funciona correctamente), por lo tanto, la desconexión tampoco se considera para ciertos equipos.

Panel fotovoltaico. Si estos funcionan en un estado óptimo, el mantenimiento de oportunidad consistirá en:

- Aplicación de producto de limpieza como limpiavidrios o alcohol isopropílico sobre la superficie del panel.
- Limpieza con paño limpio o papel periódico sobre superficie que recibe luz solar.

Regulador fotovoltaico. Si su funcionamiento es el correcto, solo se debe:

- Limpiar el disipador de calor
- Aplicar limpia-contactos en las terminales de conexión

Acumuladores. Para los acumuladores o baterías:

- Limpiar con aire comprimido o trapo seco la carcasa de las baterías y bornes.

Protección:

- Limpieza con aire comprimido de todas las protecciones
- Limpieza con limpia-contactos de las terminales y bornes

Estación Davis vantage pro/pro2:

El mantenimiento para esta estación de manera parcial consiste en limpieza con paño limpio, limpia-contactos y aire comprimido:

- Verificar las conexiones que no tengan juego o falso contacto

- Veleta (gire libremente)
- Copas de viento (giren libremente)
- Cono colector de lluvia
- Filtro contra escombros
- Cuchara basculante

Cámara. Consiste en la limpieza del vidrio y carcasa externa.

Modem celular. Consiste en reinicio de dispositivo, limpieza externa y de conexiones.

Infrasonido. Se realiza limpieza externa y limpieza de área (libre de contaminantes externos).

Digitalizador:

- Limpieza externa con paño limpio.
- Limpieza con aire comprimido y limpia-contactos en sus borneras o conectores.
- En caso de sarro utilizar bicarbonato y cepillo para limpieza.
- Comprobar sujeción de conectores.
- Limpieza de cables de extremo a extremo.

Web relay:

- Limpieza externa con paño limpio
- Limpieza de conexiones con limpia-contactos
- Limpieza de cables de extremo a extremo
- Comprobar sujeción de cable (de ser necesario cambiar)

Switch de red:

- Limpieza externa con paño limpio
- Limpieza de conexiones con limpia-contactos
- Limpieza de cables de extremo a extremo
- Comprobar sujeción de cable (de ser necesario cambiar)

5.6. Cronograma de actividades realizadas

El cronograma de actividades es una planificación del desarrollo del proyecto de EPS durante 6 meses desde febrero hasta agosto de 2022, las fechas se catalogan por el primer día de la semana y teniendo en cuenta que el mes cuenta con 4 semanas (20 días hábiles).

Se presenta en la siguiente página:

Tabla 3.

Cronograma de actividades de realización de EPS

Actividad	fecha inicio	fecha fin	febrero			marzo			abril			mayo			junio			julio								
			14-feb	21-feb	28-feb	7-mar	14-mar	21-mar	28-mar	4-abr	11-abr	18-abr	25-abr	2-may	9-may	16-may	23-may	30-may	6-jun	13-jun	20-jun	27-jun	4-jul	11-jul	18-jul	25-jul
conocer instalaciones	10-feb	28-feb																								
Información de la institución	21-feb	28-feb																								
Familiarizarse con el equipo a trabajar	28-feb	9-mar																								
Inducción al equipo con el que se trabaja	7-mar	11-mar																								
propuesta y perfil eps	11-mar	16-mar																								
información de estaciones sísmicas	11-mar	25-mar																								
información de estaciones volcánicas	15-mar	25-mar																								
anteproyecto	21-mar	1-abr																								
investigación de equipos	14-mar	11-abr																								
visitas técnicas	7-mar	16-jul																								
desarrollo informe	4-abr	30-may																								
diseño de plan de mantenimiento	1-jun	27-jun																								
implementación de plan de mantenimiento	4-jul	29-jul																								

Nota. Distribución de tiempos a lo largo de la realización del EPS en el Insivumeh. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

CONCLUSIONES

1. Este documento es una herramienta capaz de proveer soluciones eficientes de mantenimiento preventivo, correctivo y de oportunidad, brindando directrices de la realización de estos mantenimientos cuando un dispositivo presenta fallas debido a su cambiante entorno de trabajo en las faldas de los volcanes activos de Guatemala.
2. Con la correcta realización del mantenimiento en las estaciones sísmicas, se logrará evitar el desgaste por uso prolongado y mal funcionamiento en las estaciones desplegadas en las faldas de los colosos activos principalmente.
3. Al trabajar con equipo eléctricos y electrónicos en una estación sísmica se considera que la vida útil en total se encuentra entre 5 a 8 años en condiciones ideales, con el plan de mantenimiento se logrará prologar esta vida útil hasta unos 10 a 12 años, ya que se tendrá registro del estado de cada equipo por medio de hojas de inspección y registro donde serán detalladas las condiciones en las que se encuentra el equipo y en las condiciones en las que se deja luego de aplicar el mantenimiento.
4. La capacitación en el plan de mantenimiento para los dispositivos que conforman una estación sísmica se desarrolla en lenguaje técnico para personal del departamento técnico, a manera de evitar el gasto innecesario de recurso y tiempo en visitas técnicas imprevistas por falta de registros y/o mantenimiento.

RECOMENDACIONES

1. Recordar que, al realizar la visita técnica a las instalaciones donde se encuentra el equipo sísmico-volcánico, la limpieza de área de operación, poda de árboles que obstruyan los rayos del sol hacia el panel fotovoltaico, elevación de equipo para evitar riesgo de inundación por lluvias, exterminio de plagas que puedan influir en el funcionamiento del equipo, son prácticas complementarias para mantener un buen funcionamiento en las estaciones sísmicas, ya que muchas de estas se ubican en áreas rurales con mucha vegetación.
2. Tomar en cuenta que, para contar con una bitácora completa, se debe catalogar las hojas de registro e inspección por estación, y así tener conocimiento de las actividades de mantenimiento realizadas antes y durante una visita técnica, contando con actualización de tiempos para mantenimientos preventivos futuros.
3. Considerar que la prolongación de la vida útil se ve afectada por el área de trabajo donde se encuentran las estaciones y la correcta aplicación de mantenimiento a los equipos, por lo que siempre debe contarse con un plan de acción cuando una estación no responda correctamente a pesar de aplicársele el plan de mantenimiento.
4. Recordar que la indagación de nuevas técnicas de mantenimiento y certificaciones extranjeras influyen grandemente en la eficiencia de las estaciones, por lo que debe contarse con un plan de capacitación semestral o anual, por parte de la institución o empresa, al personal

técnico encargado de la instalación y/o mantenimiento de estaciones sísmicas.

REFERENCIAS

- Axis Communications (2021). *Datasheet de AXIS Q1615 Mk II Network Camera*. Axis. <https://www.axis.com/dam/public/a9/f3/26/datasheet-axis-q1615-mk-ii-network-camera-es-ES-281994.pdf>
- Baptiste, J. y Molina, I. (s.f.). *Sismología*. Universidad de los Andes Colombia. <https://geociencias.uniandes.edu.co/es/investigacion/sismologia>
- Benito, B., Lindholm, C., Camacho, E., Climent, A., Marroquín, G., Molina, E., Rojas, W., Segura, J. y Talavera, E. (2008). *A new evaluation of seismic hazard for the Central America region in the frame of the RESIS II Project*. 14th World Conference on Earthquake
- Bordino, J. (6 de marzo de 2022). *Vulcanología: qué es y objetivos*. Ecología Verde. <https://www.ecologiaverde.com/vulcanologia-que-es-y-objetivos-3646.html>
- CELSA. (s.f.). *Capacidad de corriente permisible en amperes*. CELSA. http://electrosertec.com/img/cms/capacidad_cables_CELSA.pdf
- Chaparral Physics. (s.f.). *Cost-effective and durable sensors for the mid-infrasound to low-audio bandwidth*. CHP. <http://chaparralphysics.com/model25-21.html>
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (12 de octubre de 2018). *¡La Fuerza de la Naturaleza!* Gobierno de México.

<https://www.gob.mx/conanp/es/articulos/la-fuerza-de-la-naturaleza?idiom=es#:~:text=Los%20desastres%20naturales%20se%20clasifican,de%20las%20masas%20de%20agua.>

Community. (28 de enero de 2022). *Definición, tipos y precio de switch de red.* Comunidad FS. <https://community.fs.com/es/blog/definicion-y-tipos-de-switch-de-red.html>

Control by Web. (s.f.). *Remote Relay Controller & Event Scheduler.* Control by Web. <https://www.controlbyweb.com/x301>

Díaz, A. (8 de julio de 2020). *Normas imprescindibles para una gestión eficaz.* LinkedIn. <https://es.linkedin.com/pulse/5-normas-imprescindibles-para-una-gesti%C3%B3n-eficaz-del-arocha-d%C3%ADaz#:~:text=ISO%2055001%3A%20especifica%20los%20requisitos,sistemas%20de%20gesti%C3%B3n%20de%20activos.&text=ISO%2055002%3A%20es%20la%20norma,familia%20de>

D-Link. (s.f.). *Datasheet de Gama DIS-100G. Switches industriales gigabit sin gestión.* D-Link. https://eu.dlink.com/es/es/-/media/business_products/dis/100g/dis_100g_series_datasheet_es.pdf

Earth Observatory. (s.f.). *Erupción volcán de fuego.* NASA. https://eoimages.gsfc.nasa.gov/images/imagerecords/91000/91671/fuego_oli_2018032_wide.jpg

Energy Education. (s.f.). *Célula fotovoltaica.* EE. <https://energyeducation.ca/Enciclopedia de Energia/index.php/C%C3%A9lula fotovoltaica>

Geofísica. (2024). *Concepto y definición de geofísica*. Autor.

Google Maps. (2023). *Ubicación del volcán*. Google.
<https://goo.gl/maps/DPM3qFjiuVcevkcX9>

Güralp. (2019). *Perfil de dispositivo Güralp 3ESP Compact*. Güralp.
<https://www.guralp.com/documents/html/MAN-C3E-0001/s2.html>

Índice de explosividad volcánica. (s.f.). En Wikipedia.
https://es.wikipedia.org/wiki/Índice_de_explosividad_volcánica

Insak. (s.f.). *Datasheet de estación inalámbrica Vantage PRO 6152*. Insak.
https://www.insak.com.co/aym_image/files/01-ESTACI%C3%93N%20METEOROL%C3%93GICA%20DAVIS%20PRO%206152.pdf

Insivumeh. (2022). *Glosario hidrológico*. Insivumeh.
<https://insivumeh.gob.gt/?p=1898>

Insivumeh. (2023). *Quiénes somos*. Insivumeh. <https://insivumeh.gob.gt/?p=130>

Insivumeh. (s.f.). *Volcanes de Guatemala. Estructura interna de la tierra*. Insivumeh.
<http://www.insivumeh.gob.gt/geofisica/programa.htm#VOLCANES%20DE%20GUATEMALA>

International Organization for Standardization. (2003). *Standards ISO 2003*. ISO.
<https://www.iso.org/standard/21832.html>

International Organization for Standardization. (2007). *Standards ISO 2007*. ISO.
<https://www.iso.org/standard/36645.html>

Iriondo, M. (2007). *Introducción a la geología*. Editorial Brujas.
https://books.google.es/books?id=4i1_97TllyoC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false

ISP International. (s.f.) *Protector contra sobretensiones power over ethernet PoE DT-CAT 6A/EA*. ISP. <https://www.lsp-international.com/es/power-over-ethernet-poe-surge-protector-dt-cat-6a-ea/>

Kalman, B. (2009). *Los volcanes de la Tierra*. Crabtree Publishing Company.

Mapa de Guatemala. (s.f.). *Mapa en relieve de Guatemala*.
<https://mapadeguatemala.org/relieve>

Martínez, A. (22 de febrero de 2024). *Meteorología*. Concepto y Definición.
<https://conceptodefinicion.de/meteorologia/>

Microsoft. (s.f. a). *¿Cómo puedo crear macros?* Microsoft.
<https://support.microsoft.com/es-es/topic/-c%C3%B3mo-puedo-crear-macros-bd0f29dc-5b89-3616-c3bf-ddeeb04da2fb>

Microsoft. (s.f. b). *Tareas básicas en excel*. Microsoft.
<https://support.microsoft.com/es-es/office/tareas-b%C3%A1sicas-en-excel-dc775dd1-fa52-430f-9c3c-d998d1735fca>

Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. (s.f.). *Quiénes somos*. MICIVI. <https://insivumeh.gob.gt/?p=130>

Morningstar (s.f.). *Datasheet de controlador solar Sunsaver MPPT*. Morningstar Corp. <https://morningstarcorp.com/wp-content/uploads/datasheet-sunsaver-mppt-es.pdf>

Nanometrics. (s.f.). *Digitalizador todo en uno*. Nanometrics. <https://www.nanometrics.ca/products/digitizers/centaur-digital-recorder>

Placas Tectónicas. (s.f.). *¿Qué son las placas litosféricas?* <https://placastectonicas.com/que-son-las-placas-litosfericas>

Power Sonic. (s.f.). *Datasheet de Power Sonic, PS-121000*. Power Sonic. <https://www.power-sonic.com/wp-content/uploads/2018/12/PS-121000-technical-specifications.pdf>

Renovetec. (s.f.). *Renovetec crea el IRIM*. IRIM. <http://www.renovetec.com/irim/queesirim>

Roldán, L. (1 de febrero de 2024). *Cómo prevenir los desastres naturales*. Ecología Verde. <https://www.ecologiaverde.com/como-prevenir-los-desastres-naturales-2464.html>

Ruiz, A. (8 de abril de 2023). *La célula solar fotovoltaica: tecnologías y funcionamiento*. Es Energía. <https://esenergia.es/celulas-solares-tercera-generacion/>

SolarGuat. (s.f.). *Batería de GEL 65A 12V.* SolarGuat.
<http://solarguat.com/celsg/es/baterias-solares/962-bateria-solar-sellada-gel-65ah-12v.html>

Solartech. (s.f.). *Datasheet de panel solar Model Number SPM055P-N.* Solartech.
<https://www.solartechpower.com/catalog/nseriesdata/SPM055P-N.pdf>

SunSaver MPPT. (2021). *Manual de instalación y operación.* NetDNA.
<https://2n1s7w3qw84d2ysnx3ia2bct-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/operation-manual-sunsaver-mppt-es.pdf>

Ursalink. (s.f.). *UR32 Router Industrial celular.* Ursalink.
<https://drive.google.com/file/d/16DXDJjKouhx--A95XLW8kj89n5NYtVDd/view>

APÉNDICES

Apéndice 1.

Consumos de una estación sísmica estándar

Carga estimada de aparatos (WATTS POR HORA AL DÍA)					
Lmd (DC o AC)					
Carga	Unidades	Potencia Unitaria (Watt)	Horas de función al Día	Energía necesaria (wh)	Energía necesaria (wh) * Margen Seguridad 20% = 1.2
Regulador	1	0.42	24	10.08	12.096
Estación Davis	1	1.5	24	36	43.2
Cámara	1	4.3	24	103.2	123.84
Modem celular	1	2.4	24	57.6	69.12
Infrasonido	1	0.48	24	11.52	13.824
Digitalizador	1	3.1	24	74.4	89.28
Sismómetro	1	0.75	24	18	21.6
Web relay	1	3.72	24	89.28	107.136
Switch	1	4.82	24	115.68	138.816
	TOTAL	21.49 W		515.76 Wh/día	618.91 Wh/día

Nota. Consumo eléctrico de cada dispositivo utilizado en una estación sísmica. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Apéndice 2.

Ecuaciones para dimensionamiento de sistema fotovoltaico 1 de 2

Ecuaciones para dimensionamiento de sistema fotovoltaico DC	
consumo energético por horas de uso [Whd]	consumo energético total medio diario [Wh/día]
$P_{equipo_{hora}}[Whd] = P_{equipo} * horas\ de\ uso$	$L_{md}[Wh/día] = \frac{\sum L_{md_{DC}} + \sum \frac{L_{md_{AC}}}{n_{inversor}}}{(n_{bateria} * n_{conductor})}$ n= rendimiento n_bat = 95% n_con= 100% n_inv = 90%
consumo energético total medio diario [Ah/día]	número total de módulos solares
$Q_{Ah}[Ah/día] = \frac{L_{md}}{V_{bateria}}$	$N_t[paneles] = \frac{L_{md}}{P_{mpp} * HPS * PR}$ Pmpp = potencia máxima panel HPS= hora de sol pico promedio = 3-6 PR= factor de eficiencia energética 90% Redondeo superior
Paneles en serie	Paneles en paralelo
$N_{serie} = \frac{V_{bateria}}{V_{Pmax\ panel}}$	$N_{paralelo} = \frac{N_t}{N_{serie}}$
Capacidad nominal de batería (descarga diaria) [Wh]	Capacidad nominal de batería (descarga diaria) [Ah]
$C_{nd}[Wh] = \frac{L_{md}}{P_{Dmaxd} * F_{CT}}$ PDmaxd = descarga máxima diaria 15-20% FCT = factor capacidad total = 100%	$C_{nd}[Ah] = \frac{C_{nd}[Wh]}{V_{bateria}}$

Nota. Ecuaciones para realizar cálculos de dimensionamiento fotovoltaico. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Apéndice 3.

Ecuaciones para dimensionamiento de sistema fotovoltaico 2 de 2

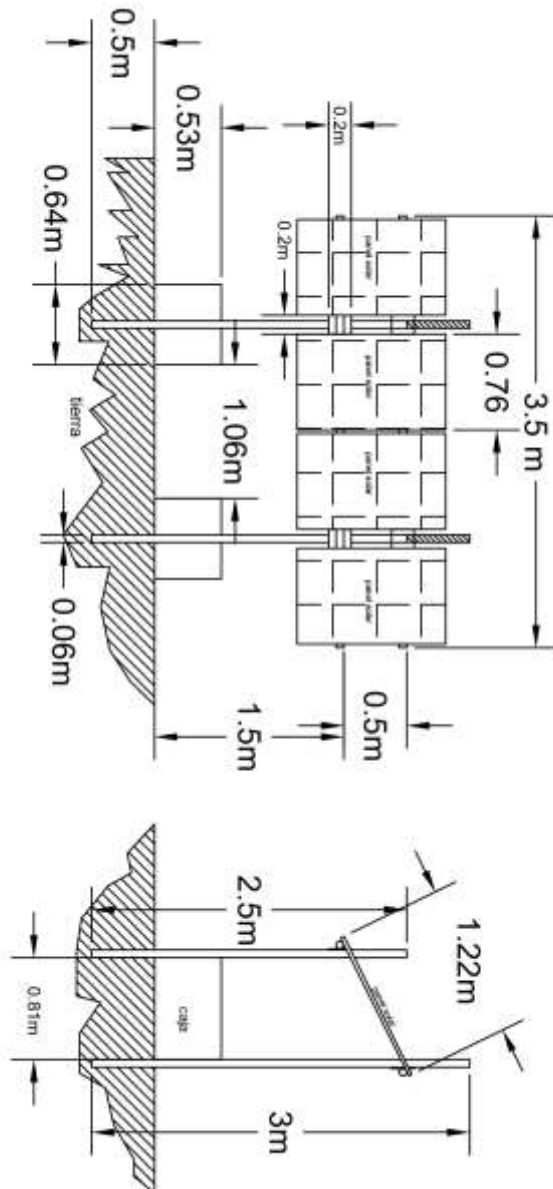
Ecuaciones para dimensionamiento de sistema fotovoltaico DC	
Capacidad nominal de batería (descarga estacionaria) [Wh]	Capacidad nominal de batería (descarga estacionaria) [Ah]
$C_{ne}[Wh] = \frac{L_{md} * N}{P_{Dmax_e} * F_{CT}}$ N = días de autonomía	$C_{ne}[Ah] = \frac{C_{ne}[Wh]}{V_{bateria}}$
Corriente entrada regulador [A]	Corriente salida regulador [A]
$I_{regulador_{in}}[A] = 1.25 * I_{sc} * N_p$ Isc= corriente de corte panel Np=cantidad paneles paralelos Fs = factor de seguridad = 125% =1.25	$I_{regout}[A] = \frac{1.25 * (\sum L_{md_{DC}} + \sum \frac{L_{md_{AC}}}{n_{inversor}})}{V_{bateria}}$
Potencia de inversor [W]	Cálculo calibre conductor [A]
$P_{inversor}[W] = 1.2 * \sum L_{md_{AC}}$ Margen de seguridad = 1.2 =120% Redondeo superior	$I_{P-R}[A] = 1.25 * (1.25 * I_{sc} * N_p)$ Isc = panel a usar

Nota. Ecuaciones para realizar cálculos de dimensionamiento fotovoltaico. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Para saber qué calibre de cables es recomendado usar, se tomará como base la corriente calculada de entrada y salida del regulador multiplicado por un margen de seguridad del 25 % (1.25), comparando este dato con una tabla estandarizada (ver anexo 1) se puede concluir qué calibre de cable es capaz de aguantar dicho amperaje.

Apéndice 4.

Plano de una estación sísmica ideal



Nota. Plano de una estación sísmica. Elaboración propia, realizado con AutoCAD.

ANEXOS

Anexo 1.

Tabla de ampacidad de conductores

CONDUCTORES ELÉCTRICOS LIMA S.A. **CELSA**

CAPACIDAD DE CORRIENTE PERMISIBLE EN AMPERES

temperatura ambiente: 30 °C
 temperatura admisible en el conductor: 70 °C (TW-70; TWF-70; TWT-70)
 temperatura admisible en el conductor: 90 °C (THW-90; THWF-90; XHHW-90; CAI; CAI-S)

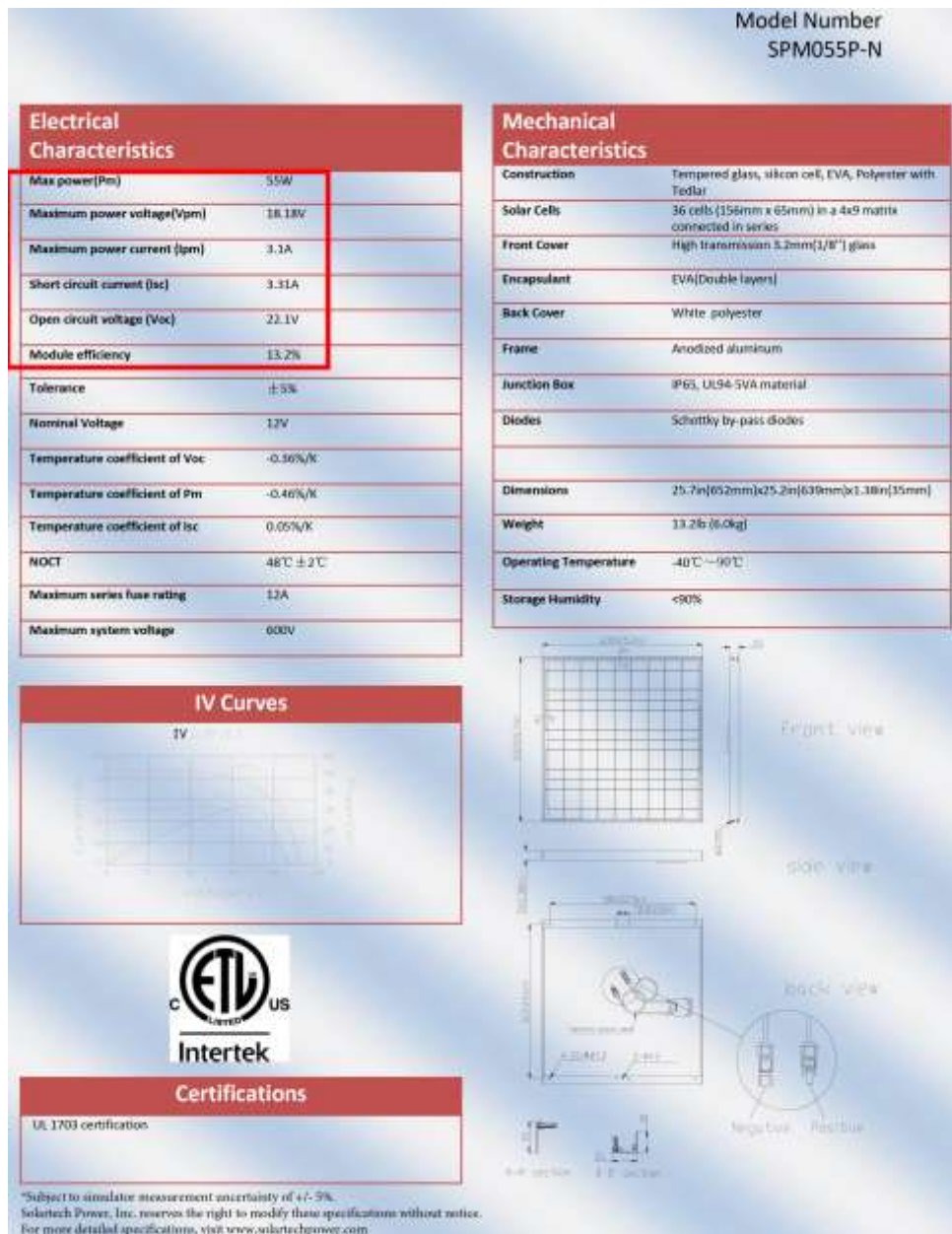
CONDUCTOR		CAPACIDAD DE CORRIENTE Ampere			
Calibre AWG-MCM	Sección mm²	Instalaciones en Tubo Máximo Tres Conductores		Instalaciones al Aire Libre	
		TEMPERATURA MÁXIMA DE OPERACIÓN DEL CONDUCTOR			
		70 °C	90 °C	70 °C	90 °C
18	0.321	9	14	13	18
	1.0	11	16	16	24
16	1.31	13	18	19	24
	1.5	15	22	23	27
14	2.08	20	25	28	35
	2.5	20	27	28	35
12	3.31	25	30	33	40
	4	26	34	35	46
10	5.26	34	40	48	55
	6	36	42	50	60
8	8.37	47	55	66	80
	10	47	60	74	81
6	13.3	62	75	90	105
	16	71	78	100	115
4	21.15	81	95	120	140
	25	90	100	133	150
2	33.63	110	130	160	190
	35	114	130	165	190
1	42.41	124	150	185	210
	50	138	150	210	230
1/0	51.51	143	170	220	260
2/0	67.44	166	195	250	300
	70	171	195	255	300
3/0	85.02	190	225	295	350
	95	204	225	315	355
4/0	107.2	219	260	340	405
	120	233	260	360	405
250	126.7	242	290	385	455
	150	271	300	420	480
300	152.9	271	320	420	505
350	177.4	295	350	480	570
	185	304	350	490	570
400	202.7	318	380	520	615
	240	352	400	565	635
500	251.4	363	430	590	700
	300	400	455	655	740
600	304.0	400	475	655	760
750	380.0	450	515	745	855
	400	465	535	775	880
	500	518	595	890	1 000
1000	506.7	518	615	890	1 055

NOTA:
 1. Para temperatura ambiente superior a 30 °C, aplicar los factores de corrección de la tabla I.
 2. Para instalaciones mayores de tres conductores en cada tubo, aplicar los factores de corrección de la tabla II.

Nota. Referencias de calibre según amperaje utilizado. Obtenido de CELSA (s.f.). *Capacidad de corriente permisible en amperes.* (http://electrosertec.com/img/cms/capacidad_cables_CELSA.pdf), consultado el 30 de enero de 2024. De dominio público.

Anexo 2.

Especificaciones de panel solar



Nota. Ficha técnica. Obtenido de Solartech (s.f.). *Datasheet de panel solar Model Number SPM055P-N.* (<https://www.solartechpower.com/catalog/nseriesdata/SPM055P-N.pdf>), consultado el 30 de enero de 2023. De dominio público.

Anexo 3.

Especificaciones de cámara Axis II

AXIS Q1615 Mk II Network Camera	
Cámara	
Sensor de imagen	CMOS RGB de barrido progresivo de 1/2,8"
Lente	Varifocal, IR corregido, montaje CS 2,8-8,5 mm, F1.2 HDTV 720p: Campo de visión horizontal: 74°-26° Campo de visión vertical: 41°-15° HDTV 1080p: Campo de visión horizontal: 115°-39° Campo de visión vertical: 61°-22° Objetivo I-CS
De día y de noche	Filtro bloqueador de infrarrojos extraíble automáticamente
Iluminación mínima	HDTV 1080p a 25/30 imágenes por segundo: Color: 0,11 lux, B/N: 0,02 lux, a 50 IRE F1.2 HDTV 1080p 50/60 imágenes por segundo: Color: 0,22 lux, B/N: 0,04 lux, a 50 IRE F1.2 HDTV 720p 100/120 imágenes por segundo: Color: 0,44 lux, B/N: 0,08 lux, a 50 IRE F1.2
Velocidad de obturación	1/143000 a 2 s
Vídeo	
Compresión de vídeo	H.264 (MPEG-4 Parte 10/AVC), Base Profile, Main Profile y High Profile Motion JPEG
Resoluciones	HDTV 720p 100/120 imágenes por segundo (sin WDR): De 1280x720 a 160x90 HDTV 1080p 25/30 imágenes por segundo (WDR): De 1920x1080 a 160x90 HDTV 1080p 50/60 imágenes por segundo (sin WDR): De 1920x1080 a 160x90
Velocidad de imagen	Hasta 100/120 imágenes por segundo (50/60 Hz) en 720p (sin WDR)
Retransmisión de vídeo	Múltiples secuencias configurables individualmente en H.264 y Motion JPEG Tecnología Axis Zipstream en H.264 Velocidad de imágenes y ancho de banda controlables VBR/ABR/MBR H.264
Parámetros de la imagen	Compresión, color, brillo, nitidez, contraste, balance de blancos, control y zona de exposición, ajuste preciso del comportamiento con poca luz, superposición de texto e imágenes, máscara de privacidad, duplicación de imágenes Rotación: automática, 0°, 90°, 180°, 270°, incluido formato pasillo WDR Forensic Capture: Hasta 120 dB en función de la escena, corrección de la distorsión de barril, nivel de conmutación día/noche, estabilización de imagen electrónica, contraste local, desempaño Perfiles de escena: farsa, en directo, supervisión de tráfico
Movimiento horizontal/vertical y zoom	PTZ digital, controlador PTZ descargable (Pelco D preinstalado)
Audio	
Retransmisión de audio	Bidireccional
Compresión de audio	LPCM de 24 bits, AAC-LC 8/16/32/48 kHz, G.711 PCM 8 kHz, G.726 ADPCM 8 kHz, Opus 8/16/48 kHz Velocidad de bits configurable
Entrada/salida de audio	Microfófono integrado (puede desactivarse) Microfófono externo balanceado/no balanceado o entrada de línea, salida de línea 24 bits de conversión A/D/D/A
Red	
Seguridad	Protección por contraseña, filtrado de direcciones IP, cifrado HTTPS, control de acceso a la red IEEE 802.1x (EAP-TLS), autenticación Digest, registro de acceso de usuarios, gestión centralizada de certificados, protección contra retrasos de fuerza bruta, firmware firmado
Protocolos compatibles	IPv4, IPv6, USGv6, HTTP, HTTP2, HTTPS, SSL/TLS, QoS Layer 3, DHTServ, FTP, CIFS/SMB, SMTP, Bonjour, UPnP, SNMPv1/v2/v3 (MIB-II), DNS, DynDNS, NTP, RTSP, RTP, SFTP, SRTP, TCP, UDP, IGMPv1/v2/v3, RTCP, ICMP, DHCPv4/v6, ARP, SOCKS, SSH, LLDP, MQTT v3.1.1, Syslog
Integración de sistemas	
Interfaz de programación de aplicaciones	API abierta para integración de software, incluidos VAPIX y AXIS Camera Application Platform; especificaciones en axis.com AXIS Video Hosting System (AVHS) con conexión de un solo clic ONVIF Profile 0, ONVIF Profile S y ONVIF Profile T; especificaciones disponibles en onvif.org
Activadores de evento	Análisis, eventos de almacenamiento local, entrada externa Detección de impactos Modo día/noche, acceso al flujo en vivo, red, temperatura, activación manual, entradas virtuales, control de PTZ, sistema listo, programación
Acciones de evento	Carga de archivos: FTP, SFTP, HTTP, HTTPS, recurso compartido de red y correo electrónico, envío de clips de vídeo Notificación: email, HTTP, HTTPS y TCP Superponer texto, Enviar SNMP trap Grabar vídeo y audio a almacenamiento central Buffer de vídeo pre y post-alarma Activación de salida externa, modo de visión día/noche, reproducir clip de audio, LED de estado, modo WDR Grabación de vídeo: Tarjeta SD y recurso compartido de red Carga de imágenes o clips de vídeo: FTP, SFTP, HTTP, HTTPS, recurso compartido de red y correo electrónico memoria de vídeo o imágenes previa y posterior a la alarma para grabación o carga Notificación: correo electrónico, HTTP, HTTPS, TCP y SNMP trap PTZ: posición predefinida PTZ, iniciar/retener ronda de vigilancia Superponer texto, activación de salida externa, reproducir clip de audio, preconfigurar enfoque, modo de desempaño, control PTZ
Retransmisión de datos	Datos de evento
Ayuda integrada para la instalación	Asistente de enfoque, contador de píxeles, asistente de nivelación, ayuda de orientación de cámara, asistente de tráfico i-CS, Zoom y enfoque remotos Data objetivo: Enfoque posterior remoto
Análisis	
Aplicaciones	Incluido AXIS Object Analytics AXIS Motion Guard, AXIS Fence Guard, AXIS Loitering Guard AXIS Video Motion Detection, alarma antimanipulación activa, detección de audio Compatibilidad AXIS Perimeter Defender Para consultar la compatibilidad con la AXIS Camera Application Platform, que permite la instalación de aplicaciones de terceros, visite axis.com/ocap
General	
Carcasa	Carcasa: Metálica (zinc) Color de cubierta: Plata RAL 9006 Color de chasis: Negro - NCS S 9000-N
Sostenibilidad	Sin PVC
Memoria	512 MB de RAM, 256 MB de Flash
Alimentación	Alimentación a través de Ethernet (PoE) IEEE 802.3af/802.3at Tipo 1 Clase 3, 7,1 W máx., 4,4 W típicos 8-28 V CC, 6,8 W máx., 4,3 W típicos
Conectores	RJ45 10BASE-T/100BASE-TX PoE, 3,5 mm mic/entrada, 3,5 mm salida Entrada de CC RS485/RS422, bloque de terminales para dos entradas/salidas configurables (salida 12 V CC, carga máx. 50 mA)
Almacenamiento	Compatibilidad con tarjetas microSD/microSDHC/microSDXC Grabación en almacenamiento conectado a la red (NAS) Para consultar las recomendaciones sobre tarjetas SD y NAS, visite axis.com

Nota. Ficha técnica. Obtenido de AXIS Communications (2021). *Datasheet de AXIS Q1615 Mk II Network Camera*. (<https://www.axis.com/dam/public/a9/f3/26/datasheet-axis-q1615-mk-ii-network-camera-es-ES-281994.pdf>), consultado el 2 de febrero de 2024. De dominio público.

Anexo 4.

Especificaciones de regulador Morningstar MPPT


+1-215-321-4457
sales@morningstarcorp.com

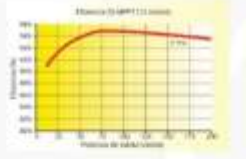
Especificaciones técnicas

Versiones	SS-MPPT-15L
Eléctricas	
Eficiencia máxima	97.5 %
Voltaje nominal de la batería	12 o 24 V
Corriente máx. de carga de la batería	15 A
Intervalo de voltaje de la batería	7-36 V
Potencia de salida máxima nominal/Entrada solar PV máxima recomendada*	
Batería de 12 V	200 W/260 W
Batería de 24 V	400 W/520 W
Máx. voltaje del circuito abierto (Voc) solar PV**	60 V (sin daños a la unidad)
Corriente de carga nominal	15 A
Autoconsumo	35 mA
Protección de sobretensión transitoria	4 x 1500 W
Medioambientales	
Temperatura de funcionamiento	-40 °C a +60 °C. Puede disminuir por encima de 50 °C***
Temperatura de almacenamiento	-55 °C a +100 °C
Humedad	100 % sin condensación
Tropicalización	Encapsulación en material epoxídico. Revestimiento de conformación, terminales con clasificación marina
Mecánicas	
Dimensiones	16,9 x 6,4 x 3,3 cm
Peso	0,63 kg
Terminal de potencia	16 mm ² , 6 AWG
Cáscara	Aluminio fundido a presión con cubierta de plástico IP 20, tipo 1
Carga de batería	
Tipo de batería	Gel, sellado, AGM, plomo-ácido
Carga en cuatro etapas	En masa, absorción, flotación, equalización (opcional)
Compensación de temperatura	
Coefficiente	-5 mV/°C/celda (ref. 25 °C)
Intervalo	-30 °C a +60 °C
Puntos de ajuste	Absorción, flotación, equalización

* El intervalo de potencia del panel PV puede superar la potencia de salida máxima nominal del controlador las horas en las que sea < 138 %. El controlador limitará la corriente de la batería y evitará daños. Si se produce un aumento excesivo del tamaño del panel, consulte con el fabricante de paneles PV y consulte nuestra herramienta de cálculo de sistemas para paneles PV y documentación técnica relacionada: <https://www.morningstarcorp.com/usa/panels>

**El voltaje PV debe ser mayor que el voltaje de la batería +1 voltio para iniciar la carga.

*** Amplio AB Vpp, sin corrientes de ventilación. Consulte el manual de funcionamiento para obtener más información sobre el ventilador.

Protecciones electrónicas

- FV: sobrecarga, cortocircuito, alto voltaje
- Carga: sobrecarga, cortocircuito
- Polaridad inversa: batería, FV y carga
- Sobrecargas por rayos y sobretensión transitoria
- Exceso de temperatura
- Corriente inversa nocturna

Opciones

- Medidor remoto
- Sensor de temperatura remoto
- Adaptador USB MeterBus (UMC-1)
- Adaptador MeterBus para PC de puerto RS-232
- Mordazas de instalación en riel DIN
- Convertidor Ethernet MeterBus para conectividad IP (SNMP incluido)



Certificaciones

- Emplazamientos peligrosos:
 - = UL12120/CSA C22.2 n.º 213 Clase I, Div. 2 Grupos A-D TX (T4 a T5)
 - = ATEX II 3G Ex ec IIC T4...T5 Gc
 - = IECEx Ex ec IIC T4...T5 Gc
- Markado CE
- Conformidad con RoHS
- Componente en conformidad con UL 1741/CSA 1071-01
- Fabricado en una instalación con la certificación ISO 9001
- FCC, parte 15, clase E

GARANTÍA: periodo de 5 años de garantía. Póngase en contacto con Morningstar o su distribuidor autorizado para conocer las condiciones completas.

B Pheasant Run, Newtown, PA 18940, EE. UU. Control n.º MS-002649 REV 8/2023.EB www.morningstarcorp.com
Debido a la política de mejora continua de Morningstar, la disponibilidad, especificaciones y precios de los productos están sujetos a cambios sin previo aviso. ©2023 Morningstar Corporation

Nota. Ficha técnica. Recuperado de Morningstar (s.f.). *Datasheet de controlador solar SunSaver MPPT.* (<https://morningstarcorp.com/wp-content/uploads/datasheet-sunsaver-mppt-es.pdf>), consultado el 4 de febrero de 2024. De dominio público.

Anexo 5.

Especificaciones de batería





PS SERIES

PS-121000

12V 100.0 AH @ 20-hr.
12V 95.2 AH @ 10-hr.

Rechargeable Sealed Lead Acid Battery
PS – General Purpose Series

TERMINALS: (mm)

T8: Threaded insert with zinc-plated fastener



Torque: 3.5–5.4 Nm

M: Universal terminals: Heavy-duty posts with nut & bolt fasteners

POSITIVE



Torque: 11.0–14.7 Nm

NEGATIVE



Torque: 11.0–14.7 Nm

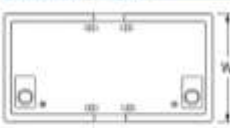
FEATURES

- 10 – 12 year design life
- Absorbent Glass Mat (AGM) technology for superior performance
- Valve regulated, maintenance free spill proof construction
- Power/volume ratio yielding excellent energy density
- Rugged vibration and impact resistant ABS case and cover
- Gas recombination technology

APPROVALS

- Approved for transport by air: D.O.T., I.A.T.A., F.A.A. and C.A.B. certified
- U.L. recognized
- ISO9001:2015 – Quality management systems

DIMENSIONS: inch (mm)



L: 13.25 (336)

W: 6.61 (168)

H: 8.18 (208)

HT: 9.56 (230)

Tolerances are +/- 0.04 in (+/- 1.0mm) and +/- 0.09 in (+/- 2.0mm) for height. Dimensions: all data subject to change without notice.






PERFORMANCE SPECIFICATIONS

Nominal Voltage	12 volts (6 cells)
Nominal Capacity	
20 hr. (5.0A to 10.00 volts)	100.0 AH
25 hr. (5.0A to 10.00 volts)	95.2 AH
5 hr. (38.0A to 10.00 volts)	83.8 AH
7 hr. (57.0A to 9.60 volts)	67.9 AH
Approximate Weight	67.5 lbs. (30.6 kg)
Internal Resistance (approx.)	4/9 milliohms
Max Short-Duration Discharge Current (5 Sec.)	1200.0 amperes
Self Life (% of nominal capacity at 80°F (26°C))	
1 Month	97%
3 Month	91%
6 Month	82%
Operating Temperature Range	
Charge	32°F (0°C) to 104°F (40°C)
Discharge	8°F (-13°C) to 122°F (50°C)
Case	ABS Plastic
Power-Sonic Chargers	PSD-1210000-A/C PSD-1210000-PC PSD-1220000-PC

GLOBAL HEADQUARTERS
(USA AND INTERNATIONAL EXCLUDING EMEA)
Power-Sonic Corporation
390 Camino De Sueno 390,
Brea, Nevada 89503
USA
T: +1 619 961 3030
E: customer-service@power-sonic.com

POWER-SONIC EMEA
(EMEA – EUROPE, MIDDLE EAST AND AFRICA)
Grootepoort 4, 3561 RS Nieuwk,
The Netherlands
T NL: +31 20 2410 700
T UK: +44 1266 590 680
T FR: +33 344 32 16 17
E: sales@PSA@power-sonic.com

To ensure safety and efficient operation always refer to the latest version of our Technical Manual as published on our website.
© 2018 Power-Sonic Corporation. All rights reserved. All trademarks are the property of their respective owners.
All data subject to change without notice. 300.0

Nota. Ficha técnica. Obtenido de Power Sonic (s.f.). *Datasheet de Power Sonic, PS-121000.*

(<https://www.power-sonic.com/wp-content/uploads/2018/12/PS-121000-technical-specifications.pdf>), consultado el 4 de febrero de 2024. De dominio público.

Anexo 6.

Especificaciones de estación meteorológica Davis

**ESTACIÓN INALÁMBRICA
VANTAGE PRO 6152**



Especificaciones Técnicas

Conjunto de sensores integrados ISS

Consumo de corriente (solo para ISS SIM)	0.14 mA (promedio), 30 mA (pico)
Potencia del panel solar	0.5 Watts (ISS SIM)
Vida de la batería	entre 6 a 8 meses sin luz solar

Consola

Temperatura de operación de la consola	+32° to +140°F (0° to +60°C)
Consumo de corriente	0.9 mA promedio, 30 mA pico, (añadir 120 mA para LED de pantalla, agregar 0.125 mA para cada transmisor inalámbrico opcional recibido por la consola) a 4 - 6 VDC.
Adaptador de Corriente AC	5 VDC, 300 mA, Regulado

Comunicaciones inalámbricas

Frecuencia de transmisión / recepción: 902 - 928 MHz FHSS

A continuación, se mencionan las características más relevantes como resolución, rango y exactitud.

Características de los sensores

Sensor (variable)	Resolución	Rango	Precisión
Temperatura	0.1°C	-40 a +65°C	±0.3°C
Humedad	0.01	1% a 100%	±2%
Lluvia	0.2 mm	0 a 6553 mm	±4%
Dirección de viento	1°	0° a 360°	3°
Velocidad de viento	0.1 m/s	1 a 80 m/s	±5%
Presión barométrica	0.1 mm hg	410 a 820 mm hg	0.8 mm hg

El intervalo de actualización del sistema es de 2.5s y las variables por separado se actualizan con el intervalo mostrado en la siguiente tabla.

www.insak.com.co

Nota. Ficha técnica. Obtenido de Insak (s.f.). *Datasheet de estación inalámbrica Vantage PRO 6152.*

(https://www.insak.com.co/aym_image/files/01-ESTACION%20METEOROL%20GIGA%20DAVIS%20PRO%206152.pdf),

consultado el 4 de febrero de 2024. De dominio público.

Anexo 7.

Especificaciones de modem celular UR32

GPS (Optional)	
Connectors	1 × 50 Ω SMA (Center PIN: SMA Female)
Protocols	NMEA 0183
Serial Interface	
Ports	1 × RS232 (RS485 Optional)
Connector	Terminal block
Baud Rate	300bps to 230400bps
IO	
Connector	Terminal block
Digital	1 × DI + 1 × DO
Software	
Network Protocols	PPP, PPPoE, SNMP v1/v2c/v3, TCP, UDP, DHCP, RIPv1/v2, OSPF, DDNS, VRRP, HTTP, HTTPS, DNS, ARP, QoS, SMTP, Telnet, VLAN, SSH, etc.
VPN Tunnel	DMVPN/IPsec/OpenVPN/PPTP/L2TP/GRE
Access Authentication	CHAP/PAP/MS-CHAP/MS-CHAPV2
Firewall	ACL/DMZ/Port Mapping/MAC Binding/SPI/URL Filter
Management	Web, CLI, SMS, On-demand dial up, DeviceHub
AAA	RADIUS, TACACS+, LDAP, Local Authentication
Multilevel Authority	Multiple Levels of User Authority
Reliability	VRRP, WAN Failover, Dual SIM Backup
Serial Port	Transparent (TCP Client/Server, UDP), Modbus Gateway (Modbus RTU to Modbus TCP)
Power Supply and Consumption	
Power Input Connector	2-pin with 5.08 mm terminal block
Input Voltage	9-48 VDC (48 V power input is needed for PoE output)
Power Consumption	Typical 1.9 W, Max 2.4 W (In Non-PoE mode)
Power Output	2 × 802.3 af/at PoE output
Physical Characteristics	
Ingress Protection	IP30
Housing & Weight	Metal, 271 g
Dimensions	108 × 90 × 26 mm (4.25 × 3.54 × 1.02 in)
Mounting	Desktop, Wall or DIN Rail Mounting
Others	
Reset Button	1 × RESET
LED Indicators	1 × POWER, 1 × SYSTEM, 1 × SIM, 3 × Signal strength
Certifications	CE, FCC, RoHS, PTCRB, RCM

Nota. Ficha técnica. Obtenido de Ursalink (s.f.). *UR32 Router Industrial celular*. (<https://drive.google.com/file/d/16DxDJjKouhx--A95XLW8kj89n5NYtVDd/view>), consultado el 15 de febrero de 2024. De dominio público.

Anexo 8.

Especificaciones de infrasonido Chaparral

SPECIFICATIONS

Nominal Sensitivity:

High	2.0 volts/Pa @ 1 Hz, 18 Pa full scale range
Low	0.4 volts/Pa @ 1 Hz, 90 Pa full scale range

Individual sensor's calibrated value is +/-5% from nominal. Calibration value is traceable to the Los Alamos National Laboratory (LANL) calibration chamber.

Output:

Output type	Differential
Maximum	36 volts peak-to-peak (signal+ to signal-) ±9 volt max, signal to ground
Frequency Response	Flat to within +0, -3 dB from 0.1 Hz to 200 Hz Flat to within +0, -0.5 dB from 0.3 Hz to 50 Hz
Self noise	Less than 0.63 $\mu\text{Pa}^2/\text{Hz}$ @ 1 Hz (-62dB Pa^2/Hz , rel to 1 Pa) Less than 3 mPa RMS 0.1 to 40 Hz Less than 0.8mPa RMS 0.5 to 2 Hz
Dynamic range	101dB low gain (@ 0.8mPa RMS self noise)
Output Impedance	150 Ω non-reactive (recommended load > 10 k Ω) (Recommend less than 10,000pf capacitive loading)
Short circuit protected	signal+ to signal- and signal to ground

Power Requirements:

DC Source	12 volts, (9-18 volts) DC, reverse voltage protected.
Current Drain	Less than 40 ma @ 12 v

Physical:

	Sensor will function in any position or attitude. Sealed to IP-67 with acoustic inlets sealed and mating electrical connector or cap installed
Operating Temperature	-40° C to +65° C
Humidity	95% (non-condensing)
Dimensions M25	5.5" (14 cm) maximum height, 9" (23 cm) maximum diameter
Weight M25	5.3 lbs (2.4 kg), for 4-port version
Std Acoustic inlets M25	4 ports (maximum 12), male, Garden-Hose-Thread.
Dimensions M21	7" (18 cm) maximum height w/ legs, 5.75" (14.6 cm) w/o legs, 7" (18 cm) maximum diameter
Weight M21	3.25 lbs (1.5 kg) w/legs, 2.75 lbs (1.25 kg) w/o legs
Std Acoustic inlet M21	1 port, right angle, male, Garden-Hose-Thread.

We reserve the right to modify and improve the sensor's performance.



Nota. Ficha técnica. Obtenido de Chaparral Physics (s.f.). *Cost-effective and durable sensors for the mid-infrasound to low-audio bandwidth.* (<http://chaparralphysics.com/model25-21.html>), consultado el 16 de febrero de 2024. De dominio público.

Anexo 9.

Especificaciones de digitalizador Centaur

TECHNICAL SPECIFICATIONS CENTAUR (CTH4 SERIES)

(Specifications subject to change without notice)

SENSOR INPUTS

Channels: Available with 2 or 8 channel inputs.
Input voltage range: (Peak-to-peak differential)
• 40 V, 20 V, 10 V, 4 V, 2 V, 1 V (standard)
• 10 V, 5 V, 2.5 V, 1 V, 0.5 V, 0.25 V (high gain)
Also compatible with single-ended inputs:
Up to 20 V peak-to-peak (±10 V)
Input impedance: 40 M Ω (standard digitizer)
1.7 M Ω (high-gain digitizer)

SENSOR COMPATIBILITY

Sensor Types: Broadband seismometers, short period geophones, and microseismometers.
Control Lines: 8 sensor inputs – typically used for calibration analog, mass center, mass lock/unlock, XYZ/UVW select.
Sensor Power:
• Supply power pass-through to sensor (0-36 VDC, 4A)
• Over-current and surge protected.
Auto Mass Centering: Configurable thresholds, intervals, retries.
Serial Interface: Supports digital management of Nanometrics sensors and connectivity to weather stations.

DIGITIZER PERFORMANCE & CAPABILITIES

Sampling: Simultaneous on all 2 or 8 channels.
Dynamic Range: 142 dB @ 100 cps, 138 dB @ 500 cps (Full-scale peak to RMS shorted input noise)
Resolution: User selectable bit depth from 24 to 31 bits per sample, 35-bit ADC sample architecture.
Accuracy: Nominal gain accuracy within ±0.0%
Preamp Gain:
• Standard: 1x, 2x, 4x, 10x, 20x, 40x
• High Gain: 4x, 6x, 10x, 40x, 60x, 100x
Digital Gain: 0.001 to 100 high precision DSP gain permits choice of any digitizer gain.
Sample Rates: 1, 2, 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 200, 250, 500, 1000, 2000, 5000 cps
Dual Sample Rates: A second sample rate can be selected from the sample rates above.
Decimation Anti-Aliasing Filter:
• Selectable linear phase (noncausal) or minimum phase (causal)
• -140 dB (linear phase) or -120 dB (minimum phase) at Nyquist frequency, 0 dB at 90% Nyquist.
Digital Filters:
• User-configurable low-pass and high-pass:
– 1st to 5th order; 51 mHz to Nyquist
• Different filters may be configured for primary and secondary sample rates and Sensor A and B.
Orientation Correction: User configurable onboard 3-D data rotation for correcting azimuth and tilt.

AVAILABLE MODELS

CTH4-3S: 3 standard channels
CTH4-3H: 3 high gain channels
CTH4-3A: 3 standard channels, Authenticating
CTH4-6S: 6 standard channels
CTH4-6H: 6 high gain channels
CTH4-6A/S: 6 standard channels, Authenticating
CTH4-6S/H: 6 standard & 3 high gain channels, Authenticating
CTH4-6A/S/H: 3 standard & 3 high gain channels, Authenticating
CTH4-3S-AC: 3 standard channels, Polar Certified
CTH4-6S-AC: 6 standard channels, Polar Certified

RECORDING (EVENTS)

Formats: MiniSEED
Internal Memory: 8 GB internal memory (32, 64, 128 or 256 GB options available)
Removable Media: SD Card up to 256 GB

RECORDING (EVENTS)

Triggers: Bandpassed STA/STA, threshold
Captured Data: MiniSEED, ASCII
Data Products: Peak Ground Motion (for PGA, PGV, PGD) statistics calculated on the instrument.
CALIBRATION
Signal Source: 16-bit DAC with 30 kcps output
Calibration Mode
• Voltage source, 1% accuracy from ±5V to ±50mV
• Current source, 1% accuracy from ±30mA to ±33uA
Calibration Signal and Response Recording
• Calibration signal digitized as a fourth 24-bit channel available to be downloaded from the Store using the Web Service data download interface (SDSN-WSS) API
• Calibration signal and the sensor response can be archived together as an event file.
Waveforms:
• Synthesized sine, step, PRB signals
• Playback user defined calibration files
• User controllable amplitude, frequency, pulse width, duration, lead-in and lead-out silence.

STATUS-OF-HEALTH INPUTS

Channels: 2 single-ended inputs, ±5 V range, 50 k Ω input impedance
Sampling Interval: Configurable from 1 to 3600 seconds
Accuracy: 19 bits effective resolution

BACK NETWORK

File Transfer: via Ethernet, optional WiFi or Ethernet connected DSL, VSAT, cellular, radio.
Media Exchange: SD card field replaceable during continuous recording with no loss of data.
Response Metadata: Generate and download full alignment sensor response files in RESF, Debates, TIED or StationXML format, or access from the SD Archive Media in StationXML format.

DATA STORAGE

Continuous: Seismic data, data products and State of Health data.
Format: SeedLink (not available when authenticating), Nanometrics NP, QDCDS, CDLI (Authenticating Models)
Events: Triggered event data: email, secure file transfer; other options available.

TRIMBLE – IONEX & PRECISION NETWORK TRIMBLE

Timing System: Internal OCXO clock disciplined to selectable timing source.
Timing Source: Select from GNSS, PTP (Precision Timing Protocol), NTP or free-running.
Timing Server: Server PTP or NTP time to other Centaur, Titan, SIMA/EA or Meridian.
Timing Accuracy:
• <5 ussec (GNSS Always on or PTP)
• <100 ussec (GNSS duty cycled or local NTP)
GNSS Receiver: Internal 32 channel GNSS receiver
GNSS Constellations: GPS + select one of Beidou, Glonass, Galileo, QZSS
GNSS Power: Selectable: always on, duty cycled or off.

LOGS, USER INTERFACE

Removable Media: SD card protected in waterproof media bay.
External LEDs: System status, Ethernet link, time quality, media card status, sensor A & B.
Buttons: WiFi status, media eject, system shutdown.

COMMUNICATIONS

Web-based Graphical UI: Supports standard PC, tablet and mobile devices. Used for waveform and state-of-health monitoring, configuration, maintenance, sensor management and calibration, downloading data and events.
Interfaces: 10/100 Base-T Ethernet, WiFi (optional), Serial via USB/USB unavailability on Authenticating models)
IP Addressing: Static, dynamic (DHCP) or link-local (P) Protocols: Websocket, UDP/TCP unicast/multicast, HTTP data streaming, and Simple Network Management Protocol (SNMPv3) for state-of-health monitoring.
VPN: OpenVPN

POWER

Power Supply: 0-36 VDC isolated input.
Protection: Electronic resettable fuse design, lightning surge, reverse battery and short circuit protection.
Battery Manager: User-configurable low voltage shutdown and restart thresholds.

POWER USAGE (TYPICAL)

3 chan. (standard): 850 mW
6 chan. (standard): 1.2 W
Ethernet: Add 0.2 W for 10 Base-T, 0.3 W for 100 Base-T
High Gain: Add 0.2 W for every 3 high-gain channels.
Authentication: Authenticating models add 1.2 W if enabled.

CONNECTORS

Sensor: 26 pin M8 circular, shell size 6, female.
Power: 2 pin M8 circular, shell size 6, male.
Ethernet: Waterproof RJ-45
USB: 2.0 Type A receptacle behind media bay door (USB unavailable on Authenticating models)
GNSS Antenna: TNC (female) with 3.3V supply for active antenna.
State-of-Health: 4 pin M8 circular, shell size 6, female.

PHYSICAL CHARACTERISTICS

Housing: Aluminum
Ingress Protection: Rated to IP68 at 2 m for 72 hours when connectors mated or capped.
Humidity: 0 to 100%
Operating Temperature:
–20°C to 60°C (Standard Model)
–40°C to 60°C (Polar Certified Model)
Storage Temperature:
–60°C to +70°C (Standard Model)
–60°C to +70°C (Polar Certified Model)
Weight: 3.4 kg (standard) CTH4-6A/S, CTH4-6A/S/H; 3.3 kg (model) CTH4-3S, CTH4-3H, CTH4-3S-AC, 2.2 kg (all other models).
Size: 186 mm (L) x 137 mm (W) x 88 mm (D).

CENTAUR WITH AUTHENTICATION

Models: CTH4-3A, 6A/S, 6A/S/H
Streaming: CD-LI format
Digital Signature: Hardware authentication provides (Digital Curve Digital Signature Algorithm (ECDSA P-256, SHA-256))
Tamper Detection: Authenticating models have case tamper switch or 3 external switches via DCH connector.

© 2022 Nanometrics Inc. All rights reserved.

Contact a product expert Toll Free: 1 855 792 6776 | sales_mkt@nanometrics.ca

nanometrics
Listening to the Earth

3600 Steeles Road, Aurora, Ontario, Canada R2K 2M6 | Tel: +1 603 692 6776
© Copyright 2022 NANOMETRICS INC. ALL RIGHTS RESERVED | 100-001-27

Nota. Dispositivo digitalizador de voltajes Centaur digital recorder. Obtenido de Nanometrics (s.f.).
Digitalizador todo en uno. (<https://www.nanometrics.ca/products/digitizers/centaur-digital-recorder>), consultado el 23 de agosto de 2023. De dominio público.

Anexo 10.

Especificaciones de sismómetro Güralp

Güralp 3ESPC



SPECIFICATIONS

SYSTEM	
Technology	Force feedback (force-balance) velocity sensor
Configuration / Topology	Tritaxial orthogonal (GMR)
PERFORMANCE	
Velocity output band (flat response within -3 dB crossing point)	0.017 to 100 Hz (60 to 0.01 at standard Option of 120s (0.0003 Hz) to 100 Hz) Contact Güralp to discuss other frequency response options
Output sensitivity	2000 V/ms ² (2 x 1000 V/ms ²) differential standard output (full-scale clip level of 10 mV/s) Contact Güralp to discuss alternative high sensitivity (high gain) options
Peak full-scale output voltage	Differential: ±20 V (40 V peak-to-peak) Single-ended (e.g. mass position): ±10 V (20 V peak-to-peak)
Self noise below NLNM (New Low Noise Model, Peterson, 1993, US335)	30 s (0.03 Hz) to 10 Hz
Sensor dynamic range (at standard output sensitivity)	> 165 dB @ 1 Hz (Full octave width across 1 Hz)
Cross axis rejection	52 dB
Linearity	> 107 dB horizontal; > 111 dB vertical
Lowest spurious resonance	> 300 Hz (vertical)
Damping	0.7 critical or 70% critical
Operating tilt range	±2.5° from horizontal
MASS / MONITORING CONTROL	
Severe Mass positions	Three independent severe mass position outputs (single-ended)
Mass locking	Remote auto mass lock/unlock for transportation
Mass centering / offset zeroing	Remotely controlled automatic mass centering
CALIBRATION	
Calibration input	Independent signal and enable lines exposed on sensor connector

CONNECTORS	
Analog output	26-pin military specification bayonet connector
POWER	
Power supply voltage	10–36 V DC*
Power consumption (at 12 V DC)	0.75 W
*Power voltage for operation of this unit only. Connection to additional instrumentation, or use of longer cables may result in a higher input voltage requirement.	
PHYSICAL / ENVIRONMENTAL	
Operating temperature range	-30 to +45 °C
Operating humidity range	0–100% relative humidity
Enclosure ingress protection	IP68 - protection against effects of prolonged immersion at 3 m depth for 72 hours
Enclosure material	Hard anodized aluminium O-ring seals throughout
Diameter	176 mm
Height without feet and handle	200 mm
Height with feet	227 mm
Height with feet and handle	280 mm
Weight	8.4 kg
Alignment	Bubble level on top, north arrow on handle and base, adjustable feet, up to 4"
SUPPORTING DOCUMENTATION	
Calibration values	Measured sensor sensitivity, frequency response, instrument poles and zeros enclosed
Full user's guide	Available online at: http://www.guralp.com/documents/3ESP-C3E-0001.pdf

Nota. Operator's Guide. Obtenido de Güralp (2019). *Perfil de dispositivo Güralp 3ESP Compact*. (<https://www.guralp.com/documents/html/MAN-C3E-0001/s2.html>), consultado el 18 de agosto de 2023. De dominio público.

Anexo 11.

Especificaciones de switch DIS-100G

Gama DIS-100G Switches industriales gigabit no administrados

Especificaciones técnicas

General	DIS-100G-6S	DIS-100G-10S
Número de puertos	4 puertos 10/100/1000BASE-T 2 puertos SFP	8 puertos 10/100/1000BASE-T 2 puertos SFP
Funciones de los puertos	- IEEE 802.3 para Ethernet - IEEE 802.3u para Fast Ethernet - IEEE 802.3ab para Gigabit Ethernet - IEEE 802.3z para 10Gigabit - Control de flujo IEEE 802.3x - IEEE 802.3az Ethernet de bajo consumo (EEE)	
Intercambio de la interfaz multimedia	Ajuste automático de MDI/MDIX en todos los puertos de par trenzado	
Rendimiento		
Capacidad de conmutación	12 Gbps	20 Gbps
Velocidad máxima de envío	8,828 Mbps	14,88 Mbps
Tamaño de la tabla de direcciones MAC	Hasta 4K entradas	
Método de transmisión	Guardar y enviar	
Jumbo Frame	9K B	
Características avanzadas	Calidad de servicio (QoS) IEEE 802.1p: 8 colas de hardware por puerto	
Características físicas		
LED de diagnóstico	PWR, SFP en la carcasa	
Entrada de alimentación	Entrada doble de bloque de terminales de 12 a 48 V CC	
Consumo de energía	- Máximo: 4,82 W - En espera: 2,45 W	- Máximo: 7,41 W - En espera: 2,64 W
Fuente de alimentación	1 A a 24 V	
Disipación del calor	16,44 BTU/h	25,37 BTU/h
Peso	0,448 kg	0,9977 kg
Dimensiones	162 x 102 x 28 mm	190 x 100 x 28 mm
Ventilación	Refrigeración pasiva sin ventilador	
Temperatura operativa	-20 a 60°C	
Temperatura de almacenamiento	-40 a 80°C	
Humedad operativa	5% a 95% RH sin condensación	
Humedad de almacenamiento	5% a 95% RH sin condensación	
Material	Carcasa metálica con protección IP40	
Instalación	1U a DIN	
MTBF	569.768 horas	992.67 horas
Certificaciones	CE, FCC	
EMI	47 CFR FCC Parte 15 Subparte B (Clase A), KES-003 Número 6 (Clase A)	
EMS	EN 61000-4-2 ESD, EN 61000-4-3 RS, EN 61000-4-4 EFT, EN 61000-4-5 Sobretenión, EN 61000-4-6 CS, EN 61000-4-8	
Pruebas ambientales	IEC 60068-2-27 Descarga, IEC 60068-2-12 Carga libre, IEC 60068-2-6 Vibración	

Nota. Ficha técnica. Obtenido de D-Link (s.f.). *Datasheet de Gama DIS-100G Switches industriales gigabit sin gestión.* (https://eu.dlink.com/es/es-/media/business_products/dis/100g/dis_100g_series_datasheet_es.pdf), consultado el 4 de marzo de 2024. De dominio público.

Anexo 12.

Especificaciones web relay

X-301™
WebRelay-Dual | 2 Relay, 2 Input Module
Two Optically-Isolated Inputs, Two Relays, 100 Individual Event Scheduler

APPLICATIONS & SPECS

Shift Bell Controller

Models:

- X-301-L, X-301-24E, X-301-E

Power Requirements

- Voltage:
 - X-301-L: 9-28VDC
 - X-301-24E: 9-28VDC
 - X-301-E: POE Class 1 0.44 to 3.84 Watts or 5V±5%
- Current: 310mA Max

Relays

- Number of Relays: 2
- Max Voltage: 28VAC, 24VDC
- Max Current: 3A
- Contact Type: SPDT (Form C)
- Load Type: General Purpose
- Contact Resistance: < 50 milliohms initial
- Contact Material: AgSnO2
- Electrical Life: 100k cycles (Typical)
- Mechanical Life: 10M cycles (Typical)
- Environmental Rating: Over voltage Category II, Pollution Degree 2
- Relay Modes: ON/OFF or Pulsed
- Pulse Timer Duration: 0.1 to 86,400 Seconds (1 day)

Digital Inputs

- Number of Inputs: 2
- Type: Optically-Isolated
- Voltage Range:
 - X-301-L: 4-12VDC
 - X-301-24E: 11-24VDC
 - X-301-E: 4-12VDC
- Current:
 - X-301-L: 4mA @ 5V, 16mA @ 12V
 - X-301-24E: 3.2mA @ 11V, 8.2mA @ 24V
 - X-301-E: 4mA @ 4V, 16mA @ 12V
- Minimum Hold Time: 20ms
- Input Isolation: 1500V
- Input Functions: Monitor Status, Control Relays, Control Remote Relays, Count, High Timer
- Maximum Count: 32-bit
- Max Count Rate: 25Hz
- Edge Trigger: Rising, Falling or Both

Additional Applications

- ✓ Traffic Warning Light Controller
- ✓ Electric Door Lock Control
- ✓ Timed Control of Electrical Outlets
- ✓ Vacant Home/Building Monitor
- ✓ Event Counter
- ✓ Extend I/O From a PLC to Another Building
- ✓ More...

Remote Security Gate Control

Real-Time Clock

- Manual or NTP (Network Time Protocol) setup
- NTP Sync Period: Once, Daily, Weekly, On Power-up
- Auto Daylight Savings Adjustment
- Battery (capacitor) Power Backup

Capacitor Power Backup

- Backup Functions: Retain Real-Time Clock, External Variables, Relay Status, and Counters
- Backup Duration: 3 days minimum

Network

- Type: 10/100 Base-T Ethernet Port
- Setup: Static IP address assignment, TCP port selectable

Connectors

- Power/Relays/Inputs: 14-Position Removable
- Network: 8-pin RJ-45

LED Indicators

- Number of LEDs: 7
- Power on
- Relay coil energized 1-2
- Digital Inputs 1-2
- Network linked
- Network activity

Physical

- Operating Temperature: -40°F to 150°F (-40°C to 65.3°C)
- Size:
 - 1.41in (35.7mm) wide
 - 3.88in (98.5mm) tall
 - 3.1in (78mm) deep (not including connector)
- Weight: 5 oz (142 grams)
- Enclosure Material: Lexon 940 Polycarbonate Plastic
- Enclosure Flame Rating: UL94 V0

Protocols

- HTTP, XML, Modbus, SNMP, SMTP Remote Services

Logging

- Log File Size: 512K (max 28,829 logs)
- Storage: Nonvolatile Flash
- Buffer Architecture: Circular Buffer
- Log data can be periodically read and stored on a computer

Advanced Features

- BASIC Interpreter
- Remote services - Avoid most firewall issues with outbound connection to Web Services

Password Settings

- Password protection on setup page: Yes
- Password protection on control page: Optional
- Password Encoding: Base 64
- Max Password Length: 33 Characters

www.ControlByWeb.com

Phone: 435-750-5999

Email: Sales@ControlByWeb.com

Nota. Ficha técnica. Obtenido de Control by Web (s.f.). *Datasheet de WebRelay-Dual X-301*. (<https://www.controlbyweb.com/x301/x-301.pdf>), consultado el 4 de marzo de 2024. De dominio público.