REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL EN TIEMPO REAL DE COMPUERTAS EN CANALES DE REGADIO EN PUNTOS DE CONTROL, CHILI ZONA REGULADA, USANDO UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA

Tesis presentada por el Bachiller:

Diaz Velarde, Frank

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Electrónico con Especialidad en Telecomunicaciones

Asesor:

Dr. Ing. Sulla Torres, Raúl Ricardo

Arequipa-Perú

2023

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

DICTAMEN APROBATORIO DEL BORRADOR DE TESIS

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA ELECTRONICA

CON ESPECIALIDAD EN TELECOMUNICACIONES

DICTAMEN DE APROBACIÓN DE BORRADOR

TITULACIÓN CON TESIS

Arequipa, 06 de Abril del 2023

Dictamen: 006003-C-EPIE-2023

Visto el Borrador del expediente 006003, presentado por:

2014243601 - DIAZ VELARDE FRANK

Titulado:

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL EN TIEMPO REAL DE COMPUERTAS EN CANALES DE REGADIO EN PUNTOS DE CONTROL, CHILI ZONA REGULADA, USANDO UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA

Nuestro dictamen es:

APROBADO

1547 - RODRIGUEZ GONZALES PEDRO ALEX
DICTAMINADOR

2465 - ZEGARRA GAGO HENRY CHRISTIAN
DICTAMINADOR

1691 - QUISPE YAUYO JUAN MEDARDO
DICTAMINADOR

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

DEDICATORIA

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy, formando valores en el día a día y por apoyarme en cada paso, por sus consejos y la educación que me han brindado durante mi formación profesional.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi guía en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mis padres Carmen e Ignacio, por ser los pilares fundamentales y motivarme a ser mejor cada día, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.

A mis docentes que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional.

A la UCSM por haberme formado profesionalmente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

RESUMEN

El sistema de riego con el que cuenta la junta de usuarios en los respectivos puntos de control, presenta un mal monitoreo del caudal de agua correspondiente debido al estado de las compuertas de regulación, ya que se encuentran dañadas o en algunos casos no cuentan con una existente, por lo que se plantea diseñar un sistema automatizado para la apertura y cierre en tiempo real de compuertas en los canales de regadío, usando un sistema de alimentación fotovoltaica.

Para desarrollar el diseño del sistema se usaron principios de selección de compuertas de canales de regadío, como el tipo y material para tener una correcta apertura. El diseño del sistema de izaje se basa en el uso de actuadores multivariables los cuales trabajan en base a las características principales de cada compuerta; el diseño del sistema de transmisión y control consta del manejo, análisis y funcionamiento de las compuertas mediante el monitoreo desde la central, con instrumentos para medir el nivel de agua, comunicación de datos, controladores y la protección de los equipos.

El diseño del sistema de alimentación fotovoltaica propuesto se basa en la energía consumida por cada punto de control, además de la incidencia solar se considera un excedente en caso se presente épocas de lluvia en las cuales escasea la presencia de luz solar.

Finalmente, se logró desarrollar el diseño de un sistema automatizado para el control en tiempo real de compuertas en los canales de regadío, usando un sistema de alimentación fotovoltaica en base a los datos y cálculos realizados en cada punto de control.

Palabras claves: Sistema de riego, Bocatoma, Cálculo, Inversor, Panel solar, Compuerta de tipo hoja deslizante, Compuerta de tipo pedestal, Actuador de velocidad variable, Caudal.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ABSTRACT

The irrigation system that the user board has at the independent control points, presents a poor monitoring of the corresponding water flow due to the state of the regulation gates, since they are damaged or in some cases they do not have an existing, so it is proposed to design an automated system for the opening and closing of gates in irrigation canals, using a photovoltaic power system.

In order to develop the design of the system, principles of selection of irrigation channel gates were used, such as the type and material to have a correct opening. The design of the hoisting system is based on the use of multivariable actuators which work based on the main characteristics of each gate; the design of the transmission and control system consists of the management, analysis and operation of the gates through monitoring from the control center, with instruments to measure the water level, data communication, controllers and protection of the equipment.

The design of the proposed photovoltaic power supply system is based on the energy consumed by each control point, in addition to the solar incidence, a surplus is considered in case of rainy seasons when there is not much sunlight.

Finally, it was possible to develop the design of an automated system for the real-time control of gates in irrigation canals, using a photovoltaic power supply system based on the data and calculations made at each control point.

Keywords: Irrigation system, Water catchment, Calculation, Inverter, Solar panel, Sliding leaf type gate, Pedestal type gate, Variable speed actuator, Flow rate.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INTRODUCCIÓN

Acerca del sistema regulado de la cuenca del Río Chili, está ubicado en el Sur del Perú, en la provincia de Arequipa, actualmente dicho sistema cuenta con algunas compuertas reguladoras tradicionales, y en algunos casos con cajas de aforo, esto a lo largo de todos los puntos involucrados, siendo así los únicos equipos y/o instrumentos parte del sistema de regulación.

Asimismo, el método de riego utilizado es el tradicional mediante compuertas con hoja deslizante o con pedestal, operadas manualmente por los usuarios de cada punto, hay que hacer notar que este procedimiento no permite un correcto monitoreo y regulación sobre el caudal en cada punto.

Ahora bien, este estudio permitirá proyectar una solución al manejo y ahorro de este recurso tan importante para los usuarios de cada Bocatoma, en cuanto a la ubicación de los puntos de monitoreo, el acceso a estos se realiza por las vías locales de Arequipa y en algunos casos las vías vecinales de tránsito peatonal.

Así pues, al contar con un sistema tradicional, los usuarios no pueden tener un registro real y exacto del caudal que llega en cada punto, esto entorpece mayormente el proceso de control sobre el caudal en cada punto.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INDICE

DICTAMEN APROBATORIO DEL BORRADOR DE TESIS
DEDICATORIA
AGRADECIMIENTO
RESUMEN
ABSTRACT
INTRODUCCIÓN

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO TEÓRICO 1
1.1 Identificación del problema 1
1.2 Descripción del problema 1
1.3 Objetivos 2
1.3.1 Objetivos Generales 2
1.3.2 Objetivos Específicos 2
1.4 Alcances 2
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO 4
2.1 Antecedentes de la investigación 4
2.2 Automatización 7
2.3 Sistemas automatizados 8
2.4 Apertura y cierre de compuertas 8
2.5 Filosofía de control 9
2.6 Actuador de velocidad variable 10
2.7 Sistema de recolección de datos 11
2.8 Transmisión de datos 11
2.9 Sensor de nivel y/o caudal 12
2.9.1 Sensor tipo sonda sumergible 13
2.9.2 Sensor tipo ultrasónico 13
2.9.3 Interruptor de flotador 13
2.10 Tableros de control 14

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.11 Controlador 14
2.12 Sistema de adquisición de datos y control (SCADA)..... 16
2.13 Compuertas de regulación de agua 17
2.13.1 Compuerta de tipo hoja deslizante 17
2.13.2 Compuerta de tipo ventana profunda con pedestal 17
2.14 Sistema de alimentación fotovoltaico 18
2.15 Inversor 19
2.16 Paneles Solares 19
2.17 Baterías..... 20
CAPITULO III: ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL PROYECTO 21
3.1 Descripción general del área del proyecto 21
3.2 Características generales actuales 22
3.3 Descripción técnica del proyecto..... 24
3.4 Descripción del sistema existente 24
3.5 Plan de distribución de agua 28
CAPITULO IV: DISEÑO E INGENIERÍA PARA EL PROYECTO..... 29
4.1 Consideraciones de diseño del sistema propuesto 29
4.1.1 Comparación de tecnologías para el izaje de compuertas 31
4.1.2 Comparación de energías para el suministro del proyecto 33
4.1.3 Comparación de controladores para el proyecto 35
4.1.4 Descripción técnica del controlador adecuado 39
4.2 Compuertas para la apertura y cierre del sistema..... 41
4.2.1 Ficha técnica de compuertas necesarias en bocatomas 43
4.3 Desarrollo de apertura y cierre de compuertas mediante actuadores de velocidad variable 49
4.3.1 Ficha Técnica para la selección de actuadores 50
4.4 Desarrollo del procedimiento de operación propuesto 57

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.4.1 Arquitectura de control 58
4.4.2 Condiciones del sistema SCADA 60
4.5 Consideraciones para el Sistema de Medición 62
4.5.1 Comparación de sensores adecuados para el proyecto 62
4.5.2 Descripción técnica del sensor adecuado 65
4.6 Sistema de recolección y transmisión de datos propuesto 66
4.6.1 Descripción técnica del radio modem apropiado 73
4.6.2 Esquema conceptual 74
4.7 Software de Ingeniería para la adquisición de datos 74
4.8 Tableros de protección y control 75
4.8.1 Tableros adecuados para el proyecto 77
4.9 Conexionado General de Equipos para el Sistema Automatizado 78
4.10 Cálculo del sistema eléctrico por Bocatoma 80
4.11 Diseño del sistema de alimentación Fotovoltaica 85
4.11.1 Calculo de Inversor, paneles y baterías 94
4.11.2 Sistema de protección entre paneles e inversor 105
4.11.3 Equipos necesarios para el sistema fotovoltaico 106
CAPITULO V: ANALISIS ECONOMICO DEL PROYECTO 109
5.1 Costos Fijos 109
5.2 Costos Variables 114
CONCLUSIONES 116
RECOMENDACIONES 117
REFERENCIA 118
ANEXOS 121

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Actuador de velocidad variable 10
Figura 2 Distribución de bocatomas a lo largo del río Chili 21
Figura 3 Tipo de compuerta existente en la bocatoma 1 25
Figura 4 Tipo de compuerta existente en la bocatoma 2 26
Figura 5 Tipo de compuerta propuesta para la bocatoma 3 26
Figura 6 Tipos de compuerta propuesta para la bocatoma 4 27
Figura 7 Tipo de compuerta existente en la bocatoma 5 28
Figura 8 Sistema de control a lazo cerrado 38
Figura 9 Esquema del sistema de apertura/cierre de compuertas 39
Figura 10 Características necesarias del PLC 41
Figura 11 Control de Compuertas 42
Figura 12 Ficha técnica de la compuerta para la bocatoma 1 43
Figura 13 Ficha técnica de la compuerta para la bocatoma 2 44
Figura 14 Ficha técnica de la compuerta para la bocatoma 3 45
Figura 15 Ficha técnica de la compuerta de derivación para la bocatoma 4 46
Figura 16 Ficha técnica de la compuerta para la bocatoma 4 47
Figura 17 Ficha técnica de la Compuerta de derivación para la bocatoma 5 48
Figura 18 Ficha técnica de la Compuerta para la bocatoma 5 49
Figura 19 Ficha técnica de actuador para bocatoma 1 51
Figura 20 Ficha técnica de Actuador para bocatoma 2 52
Figura 21 Ficha técnica de actuador para bocatoma 3 53
Figura 22 Ficha técnica de actuador para bocatoma 4 54
Figura 23 Ficha técnica de actuador para bocatoma 4 55
Figura 24 Ficha técnica de actuador para bocatoma 5 56
Figura 25 Ficha técnica de actuador para bocatoma 5 57
Figura 26 Arquitectura de control 60
Figura 27 Sensor del tipo sumergible 64
Figura 28 Representación de las coberturas de las distintas señales 66
Figura 29 Evaluación de cobertura en bocatoma 1 67
Figura 30 Evaluación de cobertura en bocatoma 2 68
Figura 31 Evaluación de cobertura en bocatoma 3 69
Figura 32 Evaluación de cobertura en bocatoma 4 70
Figura 33 Evaluación de cobertura en bocatoma 5 71

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 34 Transmisión de Datos 72
Figura 35 Topología del Sistema de recolección de datos 74
Figura 36 Plano referencial de distribución de equipos en Tablero de Control "T.C" IP66 700x500X200 mm..... 75
Figura 37 Plano referencial de distribución de equipos en Tablero Inversor "T.I" IP66 800x600X250 mm 76
Figura 38 Conexionado General..... 79
Figura 39 Para hallar los datos como irradiación solar, se extraen de la página Data Access Viewer..... 86
Figura 40 Irradiación Solar inclinada hacia el ecuador 87

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Dimensiones de los canales y compuertas 23
Tabla 2 Descripción técnica 24
Tabla 3 Plan de distribución 28
Tabla 4 Etiqueta de cada bocatoma 29
Tabla 5 Etiquetado de compuertas 29
Tabla 6 Etiquetado de sensores 30
Tabla 7 Etiquetado de controladores 30
Tabla 8 Comparación de tecnologías para el izaje 32
Tabla 9 Comparación entre tipos de energía 34
Tabla 10 Comparación entre controladores 36
Tabla 11 I/O digitales y analógicas adecuadas para cada PLC 40
Tabla 12 TAG's necesarios para el sistema SCADA 61
Tabla 13 Comparación entre tipos de sensores 63
Tabla 14 Rango de medidas para el sensor 64
Tabla 15 Características del sensor necesario 65
Tabla 16 Resumen de cobertura de señales en cada punto 72
Tabla 17 Características necesarias para el Radio modem 73
Tabla 18 Características de gabinete necesario 77
Tabla 19 Cuadro de cargas bocatoma 1 81
Tabla 20 Cuadro de cargas bocatoma 2 82
Tabla 21 Cuadro de cargas bocatoma 3 83
Tabla 22 Cuadro de cargas bocatoma 4 84
Tabla 23 Cuadro de cargas bocatoma 5 85
Tabla 24 Resumen de la Radiación Mensual 88
Tabla 25 Consumo de cargas en la bocatoma 1 89
Tabla 26 Consumo de cargas en la bocatoma 2 90
Tabla 27 Consumo de cargas en la Bocatoma 3 91
Tabla 28 Consumo de cargas en la bocatoma 4 92
Tabla 29 Consumo de cargas en la bocatoma 5 93
Tabla 30 Características generales de los equipos para el sistema fotovoltaico bocatoma 1 94
Tabla 31 Características generales de los equipos para el sistema fotovoltaico bocatoma 5 99

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 32 Características generales de la batería 101
Tabla 33 Protector contra sobretensiones adecuado para cada bocatoma 105
Tabla 34 Inversor adecuado para las bocatomas 1,2,3 y 4 106
Tabla 35 Panel Solar adecuado para todas las bocatomas.....107
Tabla 36 Baterías adecuadas para todas las bocatomas 107
Tabla 37 Inversor adecuado para la bocatoma 5.....108
Tabla 38 Costos fijos bocatoma 1.....109
Tabla 39 Costos fijos bocatoma 2.....110
Tabla 40 Costos fijos bocatoma 3.....111
Tabla 41 Costos fijos bocatoma 4.....112
Tabla 42 Costos fijos bocatoma 5.....113
Tabla 43 Servicio de plan de datos mensuales por cada bocatoma 114
Tabla 44 Costo de plan de datos por cada bocatoma.....115
Tabla 45 Resumen del costo total del proyecto 115

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1.1 Identificación del problema

Los puntos de control o Bocatomas que involucran los distintos canales de regadío son 5 ubicados a lo largo de la cuenca del Río Chili. Cada punto de monitoreo involucrado se encuentra expuesto a distintos factores, ya sean ambientales o sociales(robos) por lo que el estado del sistema de regulación, siendo más específicos el de las compuertas, se encuentran dañadas o sin mantenimiento. Es por eso que los usuarios no cuentan con un control eficiente del caudal, además de quejarse debido a que no cuentan con un registro del agua que debería ser asignada en cada punto.

La ubicación de varios puntos y su cercanía al río implica considerar un sistema de alimentación independiente de la red eléctrica ya que el acceso en la mayoría de estos contempla cruzar por andenes o chacras lo cual dificulta la puesta de acometidas eléctricas.

1.2 Descripción del problema

Al encontrarse varias de las compuertas dañadas o en algunos casos al no contar con una existente, es que los usuarios no cuentan con el caudal de agua correspondiente en sus puntos de control.

El sistema actual de los usuarios en cada Bocatoma genera pérdidas en la productividad y calidad del proceso de irrigación ya que no se cuenta con una información en tiempo real, ni una comunicación con los demás puntos de monitoreo o con la misma central.

Algunos puntos no cuentan con compuertas que puedan regular el caudal del canal, por lo que algunos usuarios se ven afectados al no poder usar el agua en sus distintos canales de riego.

Los usuarios no cuentan con un sistema confiable, seguro y menos autónomo; al considerar la presencia continua de los rayos solares en Arequipa, entendemos que la mejor opción para alimentar el sistema es mediante la tecnología fotovoltaica.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivos Generales

Diseñar un sistema automatizado para el control en tiempo real de compuertas en canales de regadío, usando un sistema de alimentación fotovoltaica.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Plantear un sistema automatizado orientado a un funcionamiento independiente de la red eléctrica, que favorezca a los usuarios con el manejo racional de los recursos hídricos.
- Reconocer e identificar las herramientas necesarias para lograr una recolección de datos y manejo del caudal en cada uno de los puntos de control.
- Evaluar la cobertura para el sistema de transmisión de datos de la comunicación entre los puntos de monitoreo y la central de mando.
- Diseñar un sistema de alimentación mediante paneles solares, así contribuir con el uso de energías eco amigables para los usuarios de cada punto.

1.4 Alcances

En la tesis que se presenta, cabe indicar que en dicho estudio se observan y se describen varios aspectos principales para concretar el diseño de un sistema autónomo que controle compuertas en tiempo real para los respectivos canales de regadío.

Para plantear un sistema automatizado que funcione independiente a la red eléctrica se pretende utilizar la tecnología de alimentación mediante paneles solares siendo esta la que mejor se adecua al ámbito del sistema propuesto.

Para diseñar un sistema de monitoreo de compuertas que controle el caudal en cada punto, se considerará actuadores de velocidad variable que realicen el izaje de las respectivas compuertas en cada canal, estos actuadores se operarán desde una central, la cual enviará el porcentaje de apertura al Controlador Lógico Programable (PLC) de cada punto respectivamente. Para evaluar la cobertura del sistema de transmisión de datos se pretende usar la información que esta compartida en la página web del Organismo Supervisor de Inversión Privada en

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Telecomunicaciones (OSIPTEL), dicha información se pretende utilizar para considerar la mejor cobertura de señal en cada punto a intervenir.

Para diseñar un sistema de alimentación mediante paneles solares se tiene que considerar la información de cada punto como es la potencia requerida en cada uno de estos ya que en cada punto habrá cantidades diferentes de equipos y/o instrumentos, así la cantidad de paneles tiende a aumentar o reducirse, como lo es con las baterías también, por otra parte, la inclinación del sol se considera para el debido posicionamiento de los paneles.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Valencia, y Díaz (2019) Diseño, Implementación y Automatización de Una Planta de Tratamiento de Aguas Superficiales a Escala Menor Para la Producción de Agua Potable en Poblado de Quequeña, Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú.

En la tesis el objetivo principal fue diseñar, implementar y automatizar una planta de tratamiento de aguas superficiales a escala menor, así, ayudar en la generación de agua potable en el poblado de Quequeña, para el desarrollo de esta tesis se realizó un estudio previo del servicio de agua con el que cuentan los pobladores, con el fin de conocer el estado de la calidad de agua y vida con la que habitan los usuarios; concluyendo que carecen de este servicio básico, es que se realizó la automatización del proceso que utilizaba anteriormente la población para obtener agua potable, gracias a la implementación de este trabajo, los resultados llegan a la medida que el módulo de tratamiento de aguas superficiales o de potabilización mejorará notablemente tanto la calidad de agua de la población como su calidad de vida, además el nuevo proceso será operado de manera remota usando transmisores de flujo, actuadores, sensores de nivel y finalmente electrobombas, evaluando así todo el proceso de automatización para la planta de tratamiento.

Trejo (2019) Diseño y construcción de una miniplanta de generación fotovoltaica para la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Católica San Pablo, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.

Del presente trabajo el objetivo principal fue implementar un sistema de generación solar de 960 Watts instalado en la Universidad Católica San Pablo, de esta manera comparar la capacidad de generación de energía al momento del diseño con respecto a los resultados brindados por el equipo de pruebas; para la elaboración de este proyecto se contó con la ayuda de la empresa Sistemas Electrónicos Vector SRL, la cual desarrolla dentro de sus actividades la fabricación e instalación de sistemas de generación solar móviles y fijos, con la finalidad de aumentar su competitividad se unió con la Universidad Católica San Pablo para ejecutar el proyecto. Se concluyó que el diseño del sistema se

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

evaluará en comparativa a los resultados obtenidos por el equipo de medición. La implementación de este proyecto resultó favorable, ya que produjo la cantidad de energía estimada según el diseño del sistema, considerando que el lugar de ejecución de la miniplanta fue en la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica, hace contar a la escuela con este tipo de suministro, promoviendo así el uso de energías eco amigables.

Rufino (2016) Automatización Del Control De Compuertas Para Mejorar El Sistema De Distribución De Agua Y Sedimentos En El Desarenador - Proyecto Chavimochic, Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú.

Mediante la investigación se logró proponer cambios para mejorar el funcionamiento del sistema de distribución en él proyecto Chavimochic, sustentados en los diagnósticos y levantamiento de información, para así hacer este proceso más eficiente mediante la automatización de compuertas; para la elaboración de este proyecto se realizó un diagnóstico preliminar, posterior a esto se brindó un plan de monitoreo general, así como el uso de instrumentos de campo (sensores, controladores lógicos programables) para tener un mejor control de caudales en la distribución del agua y sedimentos del desarenador, como resultado se concluye que las compuertas carecen de un sistema de medición lo cual genera varios problemas, uno de estos, provocar el excesivo acumulamiento de sedimentos, los que serán solucionados con las propuestas de medición de caudales, método para la evacuación de sedimentos y regulación de la compuerta de caudal. Este estudio es importante porque da una proyección de los beneficios que generará dicha automatización, obteniendo resultados positivos para su desarrollo.

Bernales (2019) Diseño e implementación de un sistema automático de monitoreo en tiempo real de nivel de tanques de suministro para estaciones de combustible, Universidad de Ciencias y Humanidades, Lima, Perú.

Del proyecto el objetivo principal fue diseñar e implementar un sistema que sea automático además de monitorear y medir en tiempo real el nivel de los tanques de suministros que llegan hasta las estaciones de combustibles en el distrito de Puente Piedra. Para el desarrollo del proyecto se realizaron estudios previos y el uso de diferentes equipos e instrumentos, tales como Arduino, sensor ultrasónico

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

y el módulo de convergencia industrial, dichos equipos e instrumentos fueron implementados en una estación de servicio en el distrito de Puente Piedra favoreciendo como resultado a los usuarios de la estación y en especial a la comunidad del distrito, se llegó a la conclusión que el sistema de monitoreo usa el equipo Arduino para procesar la variación de nivel que envía el sensor ultrasónico ubicado en el reservorio de la estación, posteriormente se muestra el nivel de combustible en una pantalla LCD, teniendo así el personal encargado, la medida del nivel en el que se encuentra el combustible del reservorio en tiempo real.

Mariano (2019) Automatización y control de redes de distribución de Agua, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

En el proyecto el objetivo principal trata el diseño y la construcción de un prototipo para el control automático del caudal en una red de distribución de agua; para el desarrollo de este proyecto se tuvo que diseñar una válvula de control implementada con un actuador del tipo motor paso a paso, para medir la variable controlada se utilizó un caudalímetro, y como elemento principal en la etapa de control se contó con un microcontrolador en el que se implementó un aplicativo ejecutable empleando un sistema operativo de tiempo real. El prototipo a escala está dirigido a la provincia de Jujuy favoreciendo a los pobladores de esta provincia, ya que en algunas provincias del país el mantenimiento en las redes de canales y control del manejo de agua es mínimo o bien carece, se puede concluir que el prototipo realizara una gestión óptima de una red de canales. El diseño del prototipo resulta ser esencial ya que evalúa la variable que se pretende solucionar, siendo esta la disponibilidad de agua en las regiones que presentan sequias.

Ternicien (2017) Eficiencia de la administración del recurso hídrico en el riego a través de la automatización de compuertas de canales, Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile.

De la investigación se concluyó que el objetivo principal fue, mejorar el uso de agua a través de nuevas tecnologías, demostrando así la eficiencia de la administración del recurso hídrico en el riego, a través de la automatización de compuertas de canales; se estudiaron previamente proyectos postulados a la

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CNR de la sexta región, también entrevistas a asociaciones de canalistas, con el fin de contrastar el uso de compuertas tradicionales con compuertas automatizadas en la Región del Libertador Bernardo O´Higgins, además de usar un sistema de telemetría y obras civiles asociadas a la automatización y organización de canales. Considerando que el sector agrícola ha sufrido una sequía en los últimos años, concluimos que dicho sector está obligado a mejorar el uso de sus servicios de agua, mediante la automatización de compuertas ya que dicha implementación logrará una mayor transparencia en la distribución del recurso hídrico, produciéndose un ahorro de este recurso de manera eficiente.

2.2 Automatización

Considerando que un sistema automatizado cuenta con una estructura que puede calificarse en dos partes, siendo la operativa o la de control, García (1999) nos dice que, la automatización de un proceso industrial, ya sea de una máquina, o se trate de un conjunto o equipo industrial, es principalmente la integración al mismo de un grupo de dispositivos y/o elementos tecnológicos que garanticen su control y buena operación. Gracias a este concepto sabemos que nuestro diseño cumple con la estructura de un sistema automatizado. (p.12)

Teniendo en cuenta la importancia de la automatización, cabe recordar que cada punto de nuestro sistema de compuertas, funcionará independientemente como un automatismo, a lo que Sanchis, Romero y Ariño (2010) definen como aquel sistema con la capacidad de responder de manera automática frente a los cambios que se dan en el mismo, efectuando las correctas acciones para cumplir con el servicio para el cual fue diseñado. (p.6)

Para comprender la clasificación de la tecnología dentro de los automatismos, mencionaremos primero a los automatismos cableados, Sanchis, Romero y Ariño (2010) mencionan que estos se dan mediante contacto físico usando instrumentos como guardamotores, variadores, etc., unidos por cables eléctricos, cabe considerar que este tipo de tecnología ocupa un gran espacio, la ventaja es que son un sistema robusto, sencillo y de bajo costo. (p.7)

Por último, tenemos a los automatismos programados, Sanchis, Romero y Ariño (2010) los define como aquellos que funcionan a través de la elaboración de un programa el cual se ejecuta en un instrumento llamado microprocesador, dicho

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

instrumento recibe varios tipos de señales a las entradas y salidas, dichas señales transportan diferentes instrucciones. (p.8)

2.3 Sistemas automatizados

En el control de procesos industriales la automatización forma parte esencial, ya que se usan las diferentes técnicas basadas en análisis, organización y control para así agilizar los distintos procesos, Bernales (2014) nos menciona que al tener un sistema automatizado, es contar con una plataforma tecnológica, la cual monitorea en tiempo real, el control y la supervisión de los procesos industriales, dicha plataforma se apoya en redes industriales manteniendo así la comunicación a nivel de controladores de campo. (p.28)

Un sistema automatizado permite control de distintas variables que no se podían medir anteriormente en el proceso industrial, por eso es que la automatización como nos menciona, Bernales (2014) complementa a todos los dispositivos de campo, como redes de comunicación, actuadores y transductores o sensores, siendo estos los que se encuentran en contacto directo con el proceso. (p.28)

2.4 Apertura y cierre de compuertas

Para tener un mayor conocimiento a cerca de las maneras en que se puede accionar una compuerta, se debe tener la información sobre el principio de funcionamiento de esta, dentro de esta clasificación tenemos algunas como las de accionamiento radial, mariposa, cilíndrica, plana de hoja deslizante, etc.

Para nuestros fines se tiene conocimiento que las compuertas adecuadas a de más de las que ya se encuentran en las bocatomas son del tipo, hoja deslizante y hoja deslizante con pedestal, ambas con un accionamiento manual. El mecanismo de apertura y cierre, comprende un vástago de efecto simple, el cual se acciona cuando se hace girar la cabeza de la compuerta.

Para la apertura/cierre de compuertas se propone un accionamiento mediante un actuador de velocidad variable junto con un PLC (Controlador Lógico Programable) como principales herramientas para esta función, dicho actuador se encargará del accionamiento mecánico de la compuerta y el PLC por otra parte, de ejecutar la lógica del sistema por medio de la lectura del porcentaje de apertura del motorreductor (parte del actuador de velocidad variable), lectura del nivel de agua y lectura del encoder del actuador multifuncional, así el usuario u

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

operador de la bocatoma deberá brindar un valor de consigna o Set point con el caudal necesario a entregar, dicho valor será procesado en cada PLC para después enviar la información del porcentaje de apertura o clausura necesario y así el actuador realice el accionamiento de la compuerta. Para esta acción se tendrá que verificar la correcta colocación del vástago de la compuerta en el espacio interno del actuador, donde hará girar al vástago hasta el porcentaje requerido por los usuarios de las bocatomas.

2.5 Filosofía de control

El modo de operación de cada punto de monitoreo está constituido por una compuerta, con la función de regular el flujo de agua que pasa por la bocatoma, esta compuerta es accionada por un actuador de velocidad variable, el cual se comunica con un PLC, este equipo envía y recibe información del centro de monitoreo mediante un radio modem, información que se ve complementada por un sensor de nivel de agua el cual indica el caudal actual en cada punto, esta información sirve para determinar cuánto es el porcentaje de apertura o cierre necesario, para tener el caudal requerido por los usuarios en el punto de monitoreo respectivamente.

Tomando en cuenta la Sección “Apertura y cierre de compuertas”, el sistema de cada bocatoma funciona en base a que un PLC controla a una o más compuerta, abre o cierra la compuerta a un porcentaje basándose en un valor de consigna o Set point análogo (0-20mA) enviado desde la central de monitoreo mediante la comunicación o transmisión de datos establecida con esta, dicho valor dado en unidades de Caudal m3/s - m3/h.

El PLC lee el valor actual del Sensor de Nivel, para que el PLC ajuste el porcentaje de apertura / cierre de las compuertas y se acerque al Valor de Consigna. El sistema de control será alimentado eléctricamente por un Sistema Híbrido, mediante acometida eléctrica y por paneles solares.

El método de operación debe asegurar un correcto funcionamiento de los diversos equipos en base a las necesidades de los usuarios de cada bocatoma. De esta forma se mejora el manejo del recurso hídrico en cada punto para una mejor distribución y se minimiza riesgos debido a la intervención del personal al operar las compuertas actuales.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2.6 Actuador de velocidad variable

Estos instrumentos están diseñados para maniobrar equipos como compuertas de ataguía, válvulas industriales, mariposa, etc. Esta tecnología incorpora una combinación de motor eléctrico, reductor y variador de frecuencia, el cual transmite al vástago de la compuerta un par de una revolución completa como mínimo para accionarla, esta tecnología también regula la velocidad del actuador mediante el variador de frecuencia lo cual permite tener un mejor control sobre el accionamiento al momento de izar o descender la compuerta, cuenta con un volante que permite operar manualmente la compuerta en caso de una operación y/o ajuste de emergencia. Ternicien (2017) menciona que un actuador multifuncional o de velocidad variable se encarga de la apertura y cierre de las compuertas en las instalaciones para la distribución de agua de regadío, un encoder incorporado en el actuador sirve para convertir el movimiento y/o rotación del motorreductor en una señal eléctrica para saber cuántas vueltas dio un tornillo sinfín de la compuerta y así enviar el porcentaje de apertura de la compuerta a un controlador lógico programable PLC ubicado en cada bocatoma respectivamente. Los actuadores también cuentan con un sistema de final de carrera, y un sensor de porcentaje de apertura estos son un indicador de posición mecánico y trasmisor de posición magnético. La figura 1 muestra el modelo de un actuador de velocidad variable.

Figura 1 *Actuador de velocidad variable*

Fuente: (AUMA Riester GmbH & Co. KG, s.f.)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.7 Sistema de recolección de datos

Para evaluar los resultados, garantizar la integridad y fiabilidad del proceso propuesto, la exactitud en la medición y recolección de datos es esencial. Reunir información con el objetivo de tener un panorama completo y preciso sobre el caudal actual en el punto de monitoreo y el estado de la compuerta, permite evaluar y poner a prueba los ya mencionados a fin de asegurar la exactitud en la reunión de información antes de ser procesada y enviada para el registro y prueba del proceso.

Esta medición y recolección se da mediante diferentes instrumentos de campo, pueden ser sensores de nivel ultrasónicos, sensores de vibración, termocuplas para medir la temperatura, entre otros. Para nuestro caso los datos que necesitamos identificar son: el nivel de agua y el porcentaje de apertura o cierre de compuertas, estos datos serán obtenidos de instrumentos como el sensor de nivel de agua y el actuador de velocidad variable, a su vez comunicados con el PLC (Controlador Lógico Programable) el cual García Moreno (1999) menciona que, mediante sus entradas y salidas o ya sea un puerto ethernet, puede recolectar la información de los instrumentos de campo ya mencionados. Finalmente, mediante un radio modem enviar la información a la central de monitoreo como recibir información de esta.

Básicamente, este método de recolección lo conforman los instrumentos mencionados como el sensor de nivel de agua y el actuador de velocidad variable, a su vez el PLC y por último el radio modem, en ese orden ya que el PLC almacena la información del sensor y actuador para después enviarlas a la central mediante el radio modem.

2.8 Transmisión de datos

La información recolectada necesita un medio de transmisión el cual garantice el flujo continuo e integridad de estos, dicha información lleva los resultados de medición de los instrumentos de campo los cuales mediante su transmisión deben llegara la central receptora para el registro y procesamiento. Dentro de las tecnologías más usadas tenemos la transmisión mediante fibra óptica, radio enlaces y microondas. Al encontrarse los puntos de monitoreo en zonas de difícil acceso y sin línea de vista, se recomienda usar una tecnología inalámbrica que transmitan la información, considerando este aspecto se puede descartar las

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

tecnologías mediante cableado y transmisión por microondas, ya que el objetivo es el de enviar por completo los datos a la central receptora, se puede considerar el envío de datos mediante el sistema global para las comunicaciones móviles(GSM) con su extensión de servicio general de paquetes vía radio(GPRS).

Como se mencionó brevemente en el punto anterior, la transmisión de los datos se dará mediante un radio modem, así pues, este debe estar preparado para operar en un entorno hostil debido a la ubicación de los puntos de monitoreo, contar con una operación en distintas bandas de frecuencia (de preferencia las comerciales) y una tecnología adecuada para la correcta transmisión de datos a la central receptora además de la potencia adecuada para mantener una comunicación fluida con la central de monitoreo.

La tecnología que se usará para la transmisión de datos será mediante Sistema Global para Comunicaciones Móviles/ Servicio General de Radio por Paquetes (GSM/GPRS) en vista que es el sistema de comunicación más sencillo de instalar además de las características que se adecuan para el correcto envío de información, para esto, primeramente, se tiene que evaluar la cobertura GSM/GPRS a lo largo de los distintos puntos.

Para este análisis tomaremos en cuenta como información secundaria, la provista por el Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL) con su servicio dado en su página web oficial, el mismo que describe el tipo de cobertura y sus características técnicas especificas en cada caso, a nivel de distrito.

2.9 Sensor de nivel y/o caudal

Estos dispositivos electrónicos, monitorean la altura o nivel del material a censar cuando este alcanza el nivel requerido en la caja de aforo, tanque o deposito en el cual se instala; el montaje de este equipo se realiza con el propósito de obtener la automatización del llenado del depósito, generalmente el material a censar es algún tipo de fluido, y para nuestro caso agua de canal de regadío.

Para determinar el nivel de agua en cada caja de aforo se hará uso de estos sensores, esta tecnología cuenta con distintos tipos, pudiendo ser: sonda sumergible por presión, ultrasónicos, interruptores de flotador, entre otros; a esto

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Daneri (2008) los define como dispositivos que usan un cristal piezoeléctrico para enviar y recibir señales de sonido de alta frecuencia. (p.48)

Por su pequeño tamaño, facilidad al instalar, grado de protección, niveles de medición y entorno, se adecua para hacer uso de los sensores de tipo sonda sumergible.

2.9.1 Sensor tipo sonda sumergible

Este tipo de sensores se colocan en el fondo del depósito, mediante la presión realiza su función de monitoreo de nivel de agua al interior de la caja de aforo, Rufino (2016) habla del funcionamiento determinando la señal de nivel mediante la diferencia de presión entre la columna de agua en la sonda y la presión atmosférica que se transfiere a la sonda a través del tubo capilar. Esta presión diferencial es convertida a una señal analógica de 4-20 mA por la celda cerámica y el sistema electrónico.

La sonda de inmersión comprende un sensor de medición, un transmisor de dos hilos y un cable especial con tubo capilar, que debe ser empalmado en una caja de paso en la poza de medición o aforo. La cubierta comprende acero inoxidable con un diafragma sensible a la presión que se protege con un casquillo acero inoxidable.

2.9.2 Sensor tipo ultrasónico

Este tipo de sensores miden la distancia desde su cabezal al liquido u objeto que se vaya a medir mediante ondas ultrasónicas, esta onda emitida por el sensor viaja hasta el líquido u objeto a censar, hasta que el cabezal recibe la onda reflejada que retorna desde el líquido. El método de medición de este tipo de sensores se da mediante el cálculo del tiempo que demora la onda emitida por el sensor hasta su recepción.

2.9.3 Interruptor de flotador

Es uno los sensores de nivel más utilizados debido a su funcionamiento sencillo y montaje fijo, requiere de un interruptor y un flotador magnético o boya, el cual se mantiene flotando al interior del depósito, indicando el nivel de agua requerido, en el instante en el que el agua sobrepasa el punto limite indicado, el flotador activa el interruptor para así dar aviso del exceso de llenado.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2.10 Tableros de control

En una instalación que involucra dispositivos eléctricos y electrónicos, el uso de un tablero y/o gabinete eléctrico se vuelve indispensable para la protección de los ya mencionados, en este también podemos encontrar los mecanismos de maniobra o de seguridad de dicha instalación. Generalmente se encuentran equipos de distribución, control, protección y todos los necesarios para que la instalación eléctrica funcione correctamente.

Los tableros nos permiten montar los equipos de una manera mejor distribuida y adecuada con accesorios que nos facilita el ingreso de cables y un mejor orden de estos, suelen tener una espuma para crear una hermeticidad contra el polvo, esta característica como el material del gabinete puede variar según el estándar de protección que se requiera.

Al considerar las condiciones ambientales a las que serán sometidos los equipos, y debido a la cercanía de los puntos con el río, factores como la humedad, lluvias y agua, se tendrá que considerar un estándar de protección para que el gabinete brinde una correcta protección contra los agentes externos mencionados. Se requiere de un gabinete con las dimensiones para alojar, proteger y garantizar las condiciones adecuadas para el funcionamiento del sistema de alimentación, llaves de protección, controlador, equipo transmisor de datos, y demás componentes y sistemas de interconexión eléctrica y de datos, que se pretenda resguardar en el gabinete.

2.11 Controlador

Iniciando como un sustituto de los sistemas basados en lógica de relés, García Moreno (1999) menciona que el Controlador Lógico Programable (PLC), expandió su operatividad al incluir entradas y salidas digitales y analógicas. Es un sistema de control informático que se utiliza con frecuencia en la industria de procesos y demás relacionadas, este equipo que básicamente es una computadora, se puede adaptar a las necesidades de la fábrica o planta industrial, accionando a otros elementos de la maquinaria para que efectúen las tareas que pudieran ser potencialmente riesgosas para el personal involucrado en los procesos, más aún si este se hace manualmente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Un PLC está diseñado para supervisar procesos secuenciales ejecutados en la industria, este dispositivo de estado sólido según Caro (2011) se encuentra asociado a los equipos que desarrollan los diferentes procesos industriales, como el funcionamiento de alguna maquina o el desarrollo de una línea de producción, con el fin de cumplir con las necesidades solicitadas, estos trabajos se pueden realizar mientras el PLC cambia y asigna la operación hacia nuevos procesos durante la recolección y transmisión de datos, siendo este una de las mayores ventajas al momento de usar un PLC. (p.7)

Desde el control de motores y control de posición, hasta la comunicación en serie y conexión en red, hay una amplia gama de funcionalidades que se puede desarrollar con un PLC, lo que lo hace ser más versátil, confiable y rentable. Todas las funcionalidades se basan en la recepción de datos por parte del PLC, cada instrumento de campo conectado, envía su información para que pueda ser procesada en base a los criterios programados. Según las entradas y salidas se puede generar alarmas, monitorear y registrar datos, comenzar y suspender algún proceso en específico o automáticamente, y más según sea la necesidad.

Los dispositivos o instrumentos de campo brindan información mediante las entradas y salidas a las que están conectados, estas entradas y salidas pueden ser analógicas como digitales, a la entrada puede conectarse dispositivos como sensores y medidores, por otra parte, a la salida se le puede conectar equipos como variadores, relés y electroválvulas.

Cuando se tiene múltiples equipos conectados, y se necesita realizar un monitoreo y envió de datos registrados en el PLC para una evaluación y toma de decisiones desde un centro de mando remoto, un Sistema de Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA), es el tipo de sistema adecuado al que puede conectarse el PLC.

Para consolidar la comunicación con otro tipo de sistemas, el PLC cuenta con una gran gama de protocolos de comunicación. Cuando se desea interactuar de forma local con el PLC se utiliza una Interfaz Hombre-Maquina (HMI), puede ser una pantalla con teclado o una pantalla táctil, fuera del tablero de control, y así verificar e insertar datos al PLC en tiempo real.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

El controlador para el proyecto será un PLC de gama media alta, tipo modular, con capacidad de expansión, robusto, y homologado para todas las bocatomas debido al ámbito que involucran estas. Algunos controlaran 1 compuerta, otros 2 o hasta 4 como máximo.

2.12 Sistema de adquisición de datos y control (SCADA)

Para la supervisión, automatización, recopilación y análisis de datos en diversas etapas dentro de un proyecto que implica un proceso, ya sea de producción o fabricación, etc. Es recomendable el uso de un sistema SCADA, el cual permite un control absoluto desde una zona remota o central de monitoreo, al contar con distintos instrumentos de campo, este sistema ayuda a gestionar el proceso, manteniendo una comunicación, integridad y eficiencia, disminuyendo así las posibles paradas de algún proceso, generando así un ahorro de tiempo y dinero.

Uno de los propósitos principales de la automatización es supervisar los procesos sin la presencia continua de un operador humano, Pérez (2015) menciona que para lograr este propósito se implementa un sistema SCADA, este sistema nos permite contar con unidades remotas, las cuales brindan datos en tiempo real, otra ventaja es la de realizar la configuración mediante paneles gráficos de fácil manejo para el operador además de la comunicación entre ordenadores mediante una red. Así como puede procesar grandes paquetes de datos, puede ejecutar diferentes acciones, las cuales pueden hacer variar todo el proceso industrial, su arquitectura abierta y flexible permite al sistema expandirse y acoplarse, según las necesidades. (p.5)

Para supervisar y contar con un mejor análisis sobre la toma de decisiones en el proceso del control del caudal en cada punto remotamente, es que se necesita un Sistema SCADA, Rodríguez (2007) dice que, este sistema es cualquier software que autorice el acceso de datos pertenecientes a un proceso, para después, usando las herramientas de comunicación dadas el caso, permita el control del mismo. (p.16)

Además de supervisar de manera remota los procesos, el SCADA también permite crear alarmas, historiar y graficar valores, restringir accesos entre otros, generalmente la arquitectura de este sistema cuenta con cuatro niveles funcionales, el nivel 0 abarca los instrumentos de campo como sensores,

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

variadores y válvulas. El nivel 1, constituido por equipos PLC o las unidades terminales remotas (RTU) los cuales se suelen ver en campo a diferencia del nivel 2, el cual comprende ordenadores que reciben los datos de los equipos del nivel 1 para procesarlos, por otra parte, el nivel 3 y 4 comprenden la supervisión y programación del proceso, siendo el nivel 4 el encargado de establecer la programación en base a varios factores.

2.13 Compuertas de regulación de agua

Las compuertas tradicionales están encargadas de regular el nivel de agua, por su tipo pueden cerrar distintas cantidades de lados, las más comunes son las de tipo hoja deslizante y las de tipo pedestal, según Ternicien (2017) las ya mencionadas, son equipos hidromecánicos que pueden controlar el paso de agua en una tubería o canal, esto también permite el mantenimiento de las tuberías o canales por los que pasa el agua. (p.17)

2.13.1 Compuerta de tipo hoja deslizante

Las compuertas de tipo hoja deslizante suelen ser las más comunes en canales por los cuales pasa agua para regadío, Ternicien (2017) nos dice que estos equipos se usan para controlar el nivel de agua o para cerrar el paso de estas. (p.16)

Principalmente el funcionamiento se da girando el vástago del mecanismo de maniobras, de esta forma es que la hoja de la compuerta sube o baja. Para un canal tradicional, este tipo de compuertas son las más usadas dando el control de los niveles de agua, procurando mantener siempre la alimentación de la toma. Estos equipos mecánicos tienden a recibir cierto mantenimiento, en las hojas, para verificar que no se haya doblado y en el caso del vástago, este se lubrica para que pueda girar de manera más cómoda.

2.13.2 Compuerta de tipo ventana profunda con pedestal

Las compuertas de tipo ventana profunda con pedestal se usan comúnmente en canales que cuentan con un barraje o desarenador, este tipo de compuertas cuentan con un sellado de 3 lados ya que pasan por debajo del canal y/o por donde se moviliza el personal operador. A lo largo de todas las bocatomas encontraremos canales en los que se usa este

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

tipo de compuertas debido a las dimensiones del canal y a su vez el caudal que fluye por este.

2.14 Sistema de alimentación fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de equipos que sirven para aprovechar la energía solar y convertirla en electricidad, Trejo (2019) nos dice que esta energía es generada a partir de la radiación solar que incide sobre las celdas fotovoltaicas, estas se basan en la capacidad de estas celdas o paneles para transformar la luz solar en electricidad. (p.20)

Este sistema eléctrico se divide en dos tipos, los conectados a la red o también llamados “on grid”, el cual se encuentran vinculados a la red eléctrica convencional, teniendo así un respaldo cuando haya que necesitar más potencia, de lo contrario cuando hay un excedente de energía este tipo de sistemas se encarga de retornarlo a la red eléctrica proveedora, siendo esta su principal característica, por otra parte tenemos los del tipo autónomo u off grid, el cual no comparte ningún vínculo con la red eléctrica, por lo que no hay alguna tarifa de por medio, pero cuentan con baterías que almacenan la energía para asegurar el suministro y autonomía de energía.

Para fines prácticos, en caso de ubicaciones de difícil acceso y evitar pagos de tarifa eléctrica, se recomienda el uso de un sistema fotovoltaico autónomo, los principales componentes que conforman un sistema fotovoltaico autónomo son: el inversor, los paneles solares y las baterías. Antes de la instalación, el dimensionamiento del sistema fotovoltaico autónomo considera contar con un excedente de energía según el consumo de cargas estimado, para que no haya un déficit, para este consumo de cargas también se necesita saber cuántas horas aproximadas se va a hacer uso de los equipos y tener el consumo en Wh/día. Según la ubicación, podremos saber el número de horas solar pico (HSP), dato que se utiliza para hallar en número de paneles necesarios.

El uso de un sistema fotovoltaico autónomo aprovecha en su totalidad el recurso del sol el cual se considera una fuente de energía renovable ya que su fuente principal proviene del sol y este se considera inagotable; estos sistemas habrán generado al final de su vida útil entre 20 y 40 veces la energía necesitada para su fabricación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.15 Inversor

El inversor solar es un equipo que se encarga de convertir la energía recogida de las celdas fotovoltaicas, siendo esta, corriente continua en corriente alterna, de tal forma que podamos consumir dicha energía para alimentar nuestro sistema. Cuando se genera la corriente alterna mediante el inversor, esta puede tomar dos caminos diferentes, pasar a la red eléctrica en caso haya un excedente de energía y el sistema sea del tipo on grid, o almacenar la energía en las baterías en caso sea un sistema del tipo off grid para posterior hacer uso de dicha energía.

Mediante dispositivos electrónicos como transistores y condensadores, en su mayoría dispositivos de potencia, el inversor consigue transformar la corriente continua por corriente alterna, proceso que genera un ruido aproximado de 25 decibelios además del calor que necesita ser disipado para tener un proceso eficiente, factor que influye en el rendimiento ya que el inversor pierde parte de este más aún si es que se encuentra expuesto al sol durante un tiempo prolongado.

El inversor no solo transforma la energía captada por las celdas, también logra estabilizar las ondas eléctricas para brindar una mayor calidad en el suministro eléctrico. Según el arreglo eléctrico, potencia y finalidad podremos diferenciar el tipo de inversor, dentro de la configuración con conexión a la red eléctrica tenemos los inversores de cadena, micro inversores y optimizadores de potencia, por otra parte, los que cuentan con una conexión autónoma son los inversores del tipo cargador y aislado, con un funcionamiento mediante baterías y siendo los más convenientes los de señal senoidal de onda pura, más aún cuando se trata de alimentar dispositivos electrónicos, ya que la onda uniforme que propaga permite una corriente idéntica a la suministrada por la red eléctrica.

2.16 Paneles Solares

Los paneles solares son los dispositivos por medio de los cuales se absorbe la energía del sol transformándola directamente en energía eléctrica, Trejo (2019) nos menciona que este módulo está integrado de varias celdas conectadas en serie y/o en paralelo. (p.28) Estos paneles se encuentran vinculados en sistemas fotovoltaicos ya sea en grupos o individual, el conjunto de todos los paneles para un sistema puede llamarse también como generador solar.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Las celdas mencionadas suelen estar hechas de diferentes materiales semiconductores, uno de los materiales más usado es el silicio cristalino que al ser un metal fotoeléctrico su propiedad permite generar energía, la cual es vista cuando se encuentra sometido a la luz solar, esto libera electrones de los átomos de silicio, estos electrones liberados serán los que generan electricidad, otro material semiconductor, pero menos usado es el arseniuro de galio. La intensidad de la luz dependerá de la hora del día y época del año, lo cual influirá en la corriente suministrada, la tensión que proporcionan las celdas generalmente es regular y lineal, por lo tanto, el rendimiento dependerá de la potencia de luz recibida.

Dentro de los tipos de paneles tenemos los térmicos, termodinámicos y fotovoltaicos, estos últimos pueden ser amorfos, policristalinos y monocristalinos, siendo esta ultima la tecnología de mayor calidad debido a que se constituyen de un único cristal, permitiendo el flujo de electrones con mayor libertad.

2.17 Baterías

Las baterías o acumuladores para energía solar se encargan del almacenamiento energético de un sistema fotovoltaico para así poder suministrar energía independientemente de la producción eléctrica del generador fotovoltaico en el momento, ya sea por las noches o en días nublados, es así como Trejo (2019) no menciona que estos acumuladores se obtienen mediante la conexión de fuentes electroquímicas como celdas galvánicas. (p.35) Para almacenar la energía generada, las células fotoeléctricas se conectan a las baterías, esta interacción entre fuente, batería y la carga (actuador, controlador, etc.) es supervisada por un controlador, usualmente es el inversor. La capacidad de las baterías se mide en amperios/hora (Ah), esta capacidad es la cantidad de energía que se puede conseguir a lo largo de una descarga de la batería llena.

Dentro de las tecnologías de fabricación se encuentran las de plomo acido, de gel, estacionarias y de litio, siendo estas últimas las de mejor eficiencia ya que permiten una descarga de entre el 80% y 100% de la batería, cuentan con un mayor tiempo de vida útil y no emiten gases.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO III: ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL PROYECTO

3.1 Descripción general del área del proyecto

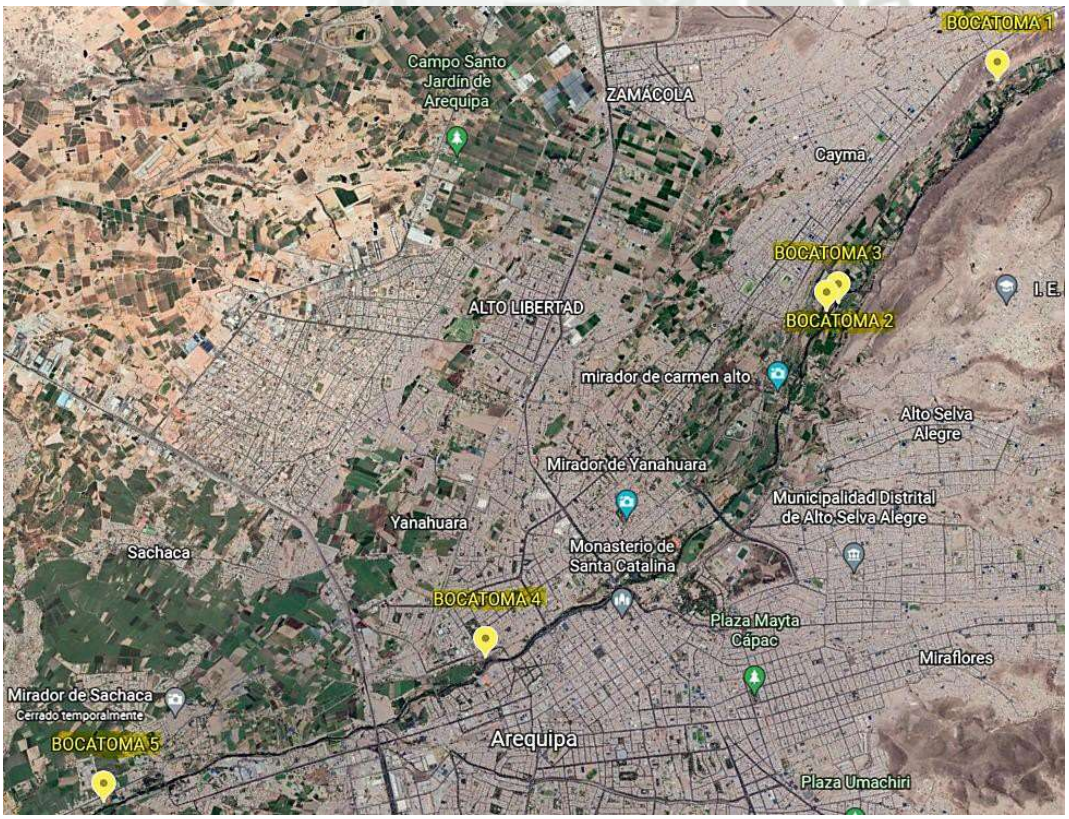
La Autoridad Nacional del Agua (s.f) indica que el sistema regulado de la cuenca del Río Chili está ubicado en el Sur del Perú, en el departamento de Arequipa, cubre parcialmente la cuenca Quilca Chili y la parte alta de la cuenca del río Colca, esto por cuanto se realiza el trasvase de las aguas de las represas del Pañe, Bamputañe y Dique Los Españoles a la cuenca Quilca Chili.

Los puntos a automatizar consideran las bocatomas y puntos de control y/o monitoreo (puntos de medición, aforos y regulación) localizadas a lo largo del cauce del río Chili. En la figura 2 se aprecian los puntos involucrados, cuyas coordenadas geográficas son las siguientes:

Latitud : 16°19.2’ y 16°28.1’S

Longitud : 71°38.2’ y 71°31.6’O

Figura 2 *Distribución de bocatomas a lo largo del río Chili*



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Este sistema involucra desde la bocatoma Nro.1 ubicada en el distrito de Cayma hasta la bocatoma Nro. 5 ubicada en el distrito de Tiabaya. Los 5 puntos involucrados a lo largo del río Chili contarán con un sistema de compuertas automático mediante instrumentos eléctricos alimentados por un sistema de energía renovable, evitando así el cobro de tarifas por consumo de una red eléctrica. El sistema general transmitirá en tiempo real el flujo de agua y todos los parámetros de las válvulas a la central Ubicada en Cayma.

3.2 Características generales actuales

a) Bocatoma Nro. 1: Ubicada en las Coordenadas UTM: 229077E, 8192311N, es la primera bocatoma a lo largo de los puntos de control, cuenta con una compuerta mecánica manual, todo el canal se encuentra techado con concreto salvo la derivación y el acceso para el sensor de nivel. La compuerta se encuentra operativa y cuenta con estructura de concreto anticuada, posee una caja de concreto aguas abajo donde se encuentra un medidor de nivel tipo sonda.

b) Bocatoma Nro. 2: Situado en las Coordenadas UTM: 229099E, 8189810N, como referencia la Casa de Retiro Santa Luisa y el Círculo Militar, encontramos la bocatoma, aguas arriba se compone de dos compuertas de captación, un túnel que lleva el agua hacia una estructura tipo poza de concreto ciclópeo la cual presenta dos compuertas desarenadoras tipo pedestal que descargan hacia el rio Chili, pasando el pozo siguiendo el canal aguas abajo se encuentra una regla limnimétrica, aforador Parshall, una estructura con caja de concreto y tapa metálica, se identificó un medidor de nivel tipo sonda.

c) Bocatoma Nro. 3: Ingresando por Carmen Alto Cayma, en las Coordenadas UTM: 228990E, 8189309N, se encuentra en las orillas del río Chili luego de descender cuatro andenes, no posee algún muro de contención y se aprecia inicialmente dos cajas de concreto, uno de ellos con una regla limnimétrica, un aforador Parshall, la otra caja de concreto al costado del canal se halla cubierta con tierra de cultivo, esta infraestructura de riego está obstruida por lo que puede dificultar los trabajos de levantamiento de información.

d) Bocatoma Nro. 4: El acceso está ubicado por el puente San Martín en las Coordenadas UTM: 227793E, 8184139N, inicialmente posee 2 compuertas de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

captación del río Chili, aguas abajo se aprecia inicialmente una caja de concreto para aforar el nivel, al frente de esta caja se encontraron 2 reglas limnimétrica, posteriormente se encontró una estructura de tipo poza desarenadora, una compuerta de retorno al río, al parecer operativa, y un barraje destruido, siendo una zona muy expuesta debido a gente de mal vivir muy cerca de la zona.

e) Bocatoma Nro. 5: La Autoridad Nacional del Agua (s.f) menciona que este punto se ubica en las coordenadas UTM: 225622E, 8180954N, posterior al local Ocean en la Av. Arancota, se encontró una estructura sobre la cual se ubican 3 compuertas tipo pedestal encima del rio, se aprecia que reciben mantenimiento, posee un muro de contención en el río, un barraje y muros de concreto de protección, la primer compuerta se encarga de regular el caudal al canal, las otras dos cumplen la función de desarenadoras y dan al río, aguas abajo hay una compuerta de tipo hoja deslizante, de retorno al río con barraje de rebose, saliendo de la estructura de concreto aguas abajo, se encuentra otra compuerta tipo hoja deslizante en desuso, siguiendo el canal aguas abajo después de pasar una puerta y un puente de madera, hay una estructura de medición con caja y tapa de concreto, un aforador Parshall con su respectiva regla limnimétrica.

A continuación, la tabla 1 describe de las dimensiones de los canales y compuertas.

Tabla 1
Dimensiones de los canales y compuertas

Bocatoma	Tipo	Altura del Canal(m)	Ancho del Canal(m)	Altura de la hoja en la compuerta (m)	Ancho de la compuerta(m)
Bocatoma Nro. 1	Derivación	2.24	1.60	1.70	1.6
Bocatoma Nro. 2	Derivación	N/A	N/A	1.20 (2.98 nivel de operador)	0.80
Bocatoma Nro. 3	Principal	0.63	0.72	N/A	N/A
Bocatoma Nro. 3	Retorno	0.63	0.72	N/A	N/A
Bocatoma Nro. 4	Principal	1.20	4.80	N/A	N/A
Bocatoma Nro. 4	Derivación	N/A	N/A	1.20 (2.80 nivel de operador)	1.00
Bocatoma Nro. 5	Principal	2.45	1.00	1.60	1.00
Bocatoma Nro. 5	Derivación	1.15	0.50	1.15	0.50

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.3 Descripción técnica del proyecto

La tabla 2 da una descripción técnica general de las bocatomas.

Tabla 2
Descripción técnica

Bocatoma	Compuerta existente	Distrito	Estado de la Compuerta	Regla Limnimétrica	Automatizar
Bocatoma Nro. 1	SI	Cayma	Operativa	SI	SI
Bocatoma Nro. 2	SI	Alto Selva Alegre	Operativa	SI	SI
Bocatoma Nro. 3	NO	Cayma	-	SI	SI
Bocatoma Nro. 4	NO	Vallecito	-	SI	SI
Bocatoma Nro. 5	SI	Tiabaya	Operativa	SI	SI

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, se contempla un grado de automatización que permita una operación continua, eficiente y segura que a la vez provea las herramientas necesarias para un rápido diagnóstico de fallas. La instrumentación de terreno será la necesaria para permitir la operación del proceso, en tanto que la unidad de control permita la operación y monitoreo necesarios, teniendo en consideración las características necesarias para realizar este proceso.

La operación normal de las compuertas de cada bocatoma será siempre desde la sala de monitoreo principal.

3.4 Descripción del sistema existente

Las descripciones siguientes pretenden enumerar los componentes de los sistemas, y sus características más resaltantes, y así puedan servir para albergar los equipos nuevos a instalar y/o que deban ser reemplazados.

a) Bocatoma Nro. 1:

a.1 Compuerta manual de tipo hoja deslizante de derivación: Ubicada al lado izquierdo del canal. Las dimensiones de la compuerta se encuentran en la Tabla 1.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

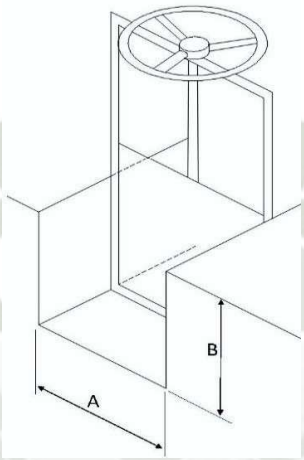
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

a.2 Regla limnimétrica y una caja aforadora.

a.3 Caja de concreto con reja de protección, donde se encuentra un transmisor de nivel.

La figura 3 muestra las características de montaje con las que cuenta la compuerta, ya que se encuentra en medio del canal de tal forma que logra sellar 3 lados.

Figura 3 *Tipo de compuerta existente en la bocatoma 1*



Fuente: (VÁLVULAS Y CONEXIONES DEL PACÍFICO, 2022)

b) Bocatoma Nro. 2:

b.1 Compuerta tipo pedestal desarenadora, es la segunda compuerta en la poza de concreto ciclópeo aguas abajo.

b.2 Regla limnimétrica y un aforador Parshall.

b.3 Caja de concreto con tapa metálica de protección, donde se encuentra un transmisor de nivel para sistema de medición.

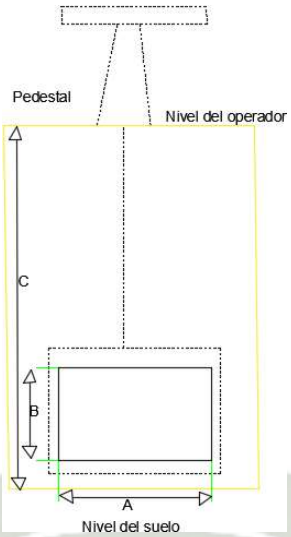
No se puede ver el tipo de montaje de esta compuerta a simple vista ya que se encuentra cubierta por concreto, sin embargo, la figura 4 muestra el tipo y montaje según nuestra evaluación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 4 *Tipo de compuerta existente en la bocatoma 2*



Fuente: (VÁLVULAS Y CONEXIONES DEL PACÍFICO, 2022)

c) Bocatoma Nro. 3:

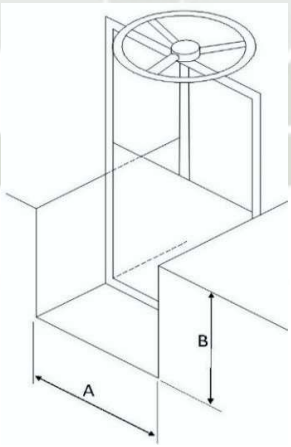
c.1 Regla limnimétrica y un aforador Parshall.

c.2 Caja de concreto con tapa de concreto.

c.3 Caja de concreto para sistema de medición.

La figura 5 muestra el tipo de compuerta que aplica al presente canal.

Figura 5 *Tipo de compuerta propuesta para la bocatoma 3*



Fuente: (VÁLVULAS Y CONEXIONES DEL PACÍFICO, 2022)

d) Bocatoma Nro. 4:

d.1 Compuerta manual tipo pedestal con función desarenadora.

d.2 Caja de concreto sin tapa, para sistema de medición.

d.3 Dos reglas limnimétrica.

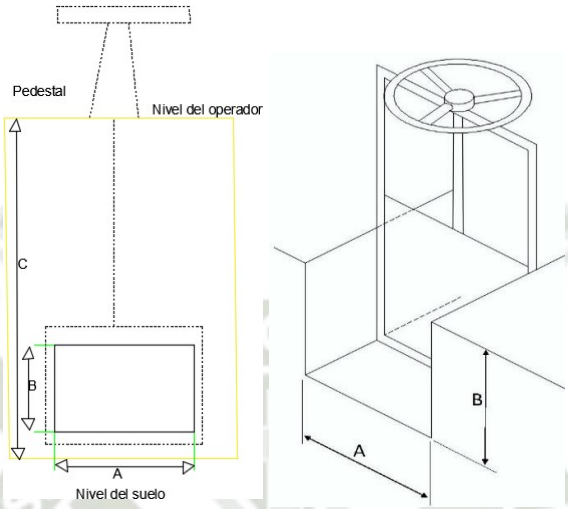
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La compuerta desarenadora existente corresponde al modelo mostrado en la figura 6, solo que no posee el pedestal.

Figura 6 *Tipos de compuerta propuesta para la bocatoma 4*



Fuente: (VÁLVULAS Y CONEXIONES DEL PACÍFICO, 2022)

e) Bocatoma Nro. 5:

e.1 Compuerta manual tipo pedestal reguladora canal principal.

e.2 Compuerta manual tipo cuchilla con función desarenadora.

e.3 Aforador Parshall.

e.4 Caja de concreto, alberga un transmisor de nivel para la medición.

e.5 Regla limnimétrica.

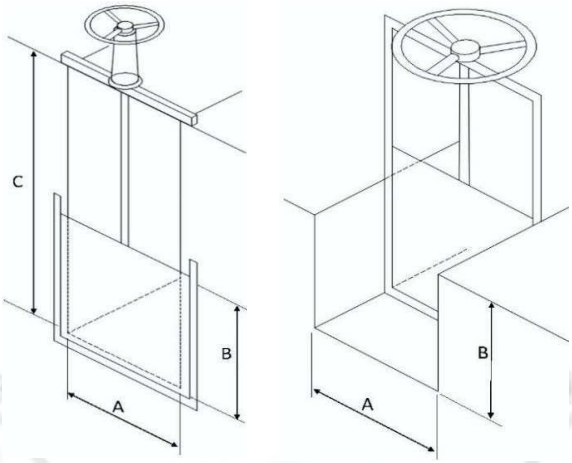
El tipo de montaje de la compuerta de pedestal y la de tipo cuchilla se ven en la figura 7.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 7 *Tipo de compuerta existente en la bocatoma 5*



Fuente: (VÁLVULAS Y CONEXIONES DEL PACÍFICO, 2022)

3.5 Plan de distribución de agua

En relación con la demanda de los usuarios de cada bocatoma, se ha considerado un plan de distribución el cual indica el caudal que le corresponde a cada bocatoma según la oferta hídrica que se le otorga, tomando en consideración lo anterior, en la tabla 3 se procede a fijar los caudales a distribuir en cada bocatoma.

Tabla 3
Plan de distribución

Canal	l/s		
	Mínimo	Normal	Máximo
Bocatoma 1	2421	3034	3715
Bocatoma 2	207	285	375
Bocatoma 3	54	80	110
Bocatoma 4	1202	1820	2505
Bocatoma 5	258	350	530

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO IV: DISEÑO E INGENIERÍA PARA EL PROYECTO

4.1 Consideraciones de diseño del sistema propuesto

Poniendo como base la descripción del sistema existente, para mayor entendimiento en la tabla 4 presentamos los "tag´s" o "etiquetas" asignadas para cada bocatoma, de la siguiente tabla se generarán los tag's derivados para todos los instrumentos, tableros y compuertas de todas las bocatomas.

Tabla 4
Etiqueta de cada bocatoma

Nro.	Canal o Bocatoma	TAG o Etiqueta
1	Bocatoma Nro. 1	BOC1
2	Bocatoma Nro. 2	BOC2
3	Bocatoma Nro. 3	BOC3
4	Bocatoma Nro. 4	BOC4
5	Bocatoma Nro. 5	BOC5

Fuente: Elaboración propia

Los tag's de la tabla 4 serán utilizados a partir de esta sección para la abreviación de los nombre e identificación de los canales. En la tabla 5 se procede a proponer un tag para cada una de las compuertas a intervenir o a instalar como nuevas.

Tabla 5
Etiquetado de compuertas

Bocatoma	TAG de Compuerta	Existente	Función	Reemplazar e Instalar	Automatizar
BOC 1	MV-BOC1-01	SI	Distribución	SI	SI
BOC 2	MV-BOC2-01	SI	Desarenador	SI	SI
BOC 3	MV-BOC3-01	NO	Reguladora	SI	SI
	MV- BOC3-02	NO	Retorno	SI	SI
BOC 4	MV- BOC4-01	SI	Desarenador	SI	SI
	MV- BOC4-02	NO	Reguladora	SI	SI
	MV- BOC4-03	NO	Reguladora	SI	SI
	MV- BOC4-04	NO	Reguladora	SI	SI
BOC 5	MV- BOC5-01	SI	Reguladora	SI	SI
	MV- BOC5-02	SI	Desarenador	SI	SI

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Como se aprecia en la tabla 5, se consideró el reemplazo e instalación de 10 compuertas, así mismo automatizar las 10 compuertas.

En la tabla 6 se muestra los sensores que se encontraron como redes independientes, se indica además el etiquetado y si requiere la instalación de nuevos sensores.

Tabla 6
Etiquetado de sensores

Bocatoma	TAG	Existente	Instalar nuevo
BOC 1	LT- BOC1-01	SI	SI
BOC 2	LT- BOC2-01	SI	SI
BOC 3	LT- BOC3-01	NO	SI
BOC 4	LT- BOC4-01	NO	SI
BOC 5	LT- BOC5-01	SI	SI

Fuente: Elaboración propia

Cuadro de Controladores: En la tabla 7 se muestra el etiquetado y el requerimiento de la instalación de los controladores para cada bocatoma.

Tabla 7
Etiquetado de controladores

Bocatoma	TAG	Instalar
BOC 1	UC-BOC1-01	SI
BOC 2	UC-BOC2-01	SI
BOC 3	UC-BOC3-01	SI
BOC 4	UC-BOC4-01	SI
BOC 5	UC-BOC5-01	SI

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizada las respectivas visitas y levantamiento de información de las 5 bocatomas, concluimos que se instalarán 5 sensores de nivel y/o caudal en cada uno de los canales, en el caso de las bocatomas como BOC 1, BOC 2 y BOC 5 se reemplazará por un sensor nuevo. De esta forma también concluimos que se necesitará 5 controladores en cada bocatoma.

La automatización de las 5 bocatomas requiere el reemplazo de las compuertas existentes y también la instalación de nuevas, además un control de la apertura y cierre de las compuertas de manera remota el cual estará monitoreado las 24

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

horas del día, para usar la tecnología necesaria se debe analizar las opciones del mercado y tener un criterio de selección, de esta forma se contará con el instrumento adecuado.

4.1.1 Comparación de tecnologías para el izaje de compuertas

a) Tecles eléctricos: Estos equipos de izaje del tipo mecánico conformados por dos o más poleas y una cuerda o cadena, son usados generalmente en fábricas o almacenes en actividades de movilización de cargas o montaje de equipos, existen 3 tipos: manuales de cadena, para el traslado de carga pesada, manuales de palanca, para el arrastre y amarre de cargas y del tipo neumático, si bien resisten menos carga soportan trabajos prolongados.

b) Motorreductor: Es un instrumento mecánico que reduce la velocidad y multiplica el torque accionando un tren de engranajes que a su vez mueve un mecanismo de palanca funcionando a un determinado ritmo, son usados generalmente en máquinas y procesos industriales como una faja transportadora durante la movilización de botellas en la industria de bebidas, también los podemos ver en la industria automovilística y aeropuertos.

c) Actuadores eléctricos: Es un equipo que transforma la energía eléctrica en mecánica la cual generara movimiento en sus engranajes permitiendo realizar el accionamiento de válvulas, compuertas y elementos que comunican un proceso con otro, los elementos principales que se pueden encontrar en un actuador eléctrico son: motor, sistema de transmisión mecánico, accionamiento manual y la unidad de control mecánica o electrónica. Pueden ser multivuelta, para una válvula o compuerta la cual cuenta con un vástago el cual se acciona para ascender o descender, de fracción de vuelta, cuando se debe realizar movimientos angulares como en una válvula de mariposa, y lineal en caso se necesite empujar o tirar una carga.

4.1.1.1 Criterio de selección

Una vez descrito las características generales de las tecnologías mencionadas, la tabla 8 muestra la comparativa en base a los factores que influyen en el proyecto, considerando los siguientes criterios de selección: grado de protección, ámbito de la zona de montaje, operatividad con las compuertas, comunicación y monitoreo del proceso.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 8
Comparación de tecnologías para el izaje

	Tecle eléctrico	Motorreductor	Actuador eléctrico
Grado de protección	Para sus aplicaciones estos equipos generalmente llegan a un grado de protección en el cuerpo de IP55, y su caja de botonera con protección IP65.	Estos equipos pueden llegar a una protección de IP 66 por causa de los ambientes en los que suelen trabajar.	Debido a el uso en proyectos hídricos, circuitos de vapor y gases, estos equipos pueden llegar a un grado de protección de IP 68.
Ámbito de la zona de montaje	Para el montaje de estos instrumentos se necesita contar con una estructura y/o vigas adecuadas para el soporte del tecle, en algunos puntos hablamos de más de 1 compuerta.	Estos equipos necesitan una base adecuada, rígida y nivelada para un correcto alineamiento, caso contrario pueden sufrir daños algunos elementos.	Debe contar con una estructura de soporte alrededor de la carga tipo puente para montar el cuerpo y dejar pasar el vástago por el eje del equipo.
Operatividad con las compuertas	El principio de funcionamiento no aplica para el izaje de una compuerta ya que se necesita girar el vástago de esta.	Puede operar con las compuertas, previamente utilizando una serie de acoples para el ingreso del vástago.	Al contar con un eje hueco, facilita el accionamiento de la compuerta, puede operar en una red monofásica 220v
Comunicación y monitoreo del proceso	El accionamiento manual no permite un uso remoto, si bien cuentan con dispositivos electrónicos, estos no llegan a: brindar un estado del porcentaje de apertura, registro de datos, control y comunicación del estado del proceso.	Mediante sensores se puede saber el estado del motor, mas no permite indicar y/o realizar ordenes de maniobra de apertura o cierre de la válvula, no se puede monitorear el estado de la posición.	Cuenta con protocolos de comunicación industrial, pueden utilizar un sistema de bus de campo, cuenta con una unidad de control e interface para las ordenes de maniobra, cantidad de vueltas y posición final.

Fuente: Elaboración propia

Un motorreductor cuenta con distintas partes de acople, y considerando el alineamiento en el montaje, elementos de seguridad como retenes y rodamientos, es más propenso a fallas mecánicas y no soporta las condiciones ambientales a las que será sometido.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Considerando como los criterios más importantes a la operatividad con las compuertas y comunicación y monitoreo del proceso, un actuador eléctrico de tipo multivuelta cuenta con mayores facilidades de operación, no solo electrónicas sino mecánicas también, estas, habiendo sido analizadas y mencionadas la tabla 8, otras funciones que pueden brindar son alarmas de falla, envío de señales de apertura y cierre mediante la información que llega al controlador, después de que su unidad de control haya recibido y/o censado la posición y torque.

4.1.2 Comparación de energías para el suministro del proyecto

a) Energía térmica: Este tipo de energía se obtiene utilizando recursos como el gas natural, carbón, combustibles fósiles, cuando estos se calientan, el vapor en las calderas hace girar una turbina y a su vez a un generador eléctrico. Puede transmitirse de 3 formas, por radiación, consiste en transmitir la energía mediante ondas electromagnéticas sin la necesidad de presencia de materia; por conducción, este proceso transmite la energía sin transporte de materia, pero con el contacto entre cuerpos; y por convección, cuando los fluidos interactúan y están en movimiento, el de mayor temperatura transmitirá calor al otro.

b) Energía hidráulica: Esta energía se genera durante la caída de aguas a través de unos conductos, se convierte en energía cinética y mueve las hélices de una turbina, mediante esta energía mecánica alimentan los generadores eléctricos de la central para después distribuirla. Este recurso puede obtenerse aprovechando, por ejemplo, una garganta o catarata natural de más de 5 metros con un caudal mayor a 140 l/s.

c) Energía fotovoltaica: Se basa en la instalación de paneles solares como fuente de alimentación, dichos paneles cuentan con células solares que transforman la energía solar directamente en eléctrica utilizando energía fotoeléctrica. Las células fotovoltaicas de los paneles son capas de silicio "dopadas" con fósforo y boro, que gracias a la radiación solar generan una carga eléctrica y se serializan en módulos o paneles para que el voltaje se ajuste a un sistema de corriente continua. Dicha energía eléctrica de CC es convertida por un inversor / cargador en corriente alterna AC estándar de 220V, puede ser almacenada en baterías para contar como respaldo en días que haya falta de luz solar, la intensidad de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

la luz dependerá de la hora del día y época del año, por lo que el rendimiento dependerá de la potencia de luz recibida.

4.1.2.1 Criterio de selección

Después de haber descrito las características generales del tipo de energías mencionadas, la tabla 9 muestra la comparativa considerando los siguientes criterios: operatividad del sistema e impacto ambiental, instalación y zona de montaje, al tener recursos ambientales como agua y luz solar se tiene que considerar los factores económicos y ambientales.

Tabla 9
Comparación entre tipos de energía

	Energía térmica	Energía hidráulica	Energía fotovoltaica
Operatividad del sistema e impacto ambiental	Este método cuenta con varias fases para transformar el combustible fósil, lo cual puede generar retrasos al ejecutar el proceso, necesita un monitoreo. La transmisión de distintos contaminantes compromete al medio ambiente.	Se puede operar y regular aprovechando las caídas de agua, cumpliendo estas, con una caída min de 4 metros y un caudal de 130 l/s. No compromete al medio ambiente.	Puede suministrar y regular el voltaje necesario mediante su inversor además del respaldo con baterías, cuenta con una versatilidad tecnológica. No compromete al medio ambiente.
Instalación y zona de montaje	Se usa una gran área para el montaje de equipos y chimenea, las bocatomas no se adecuan a esta.	Se necesita adecuar la zona para obtener la altura que logre accionar las hélices y transformar esta energía en electricidad.	Se necesita un techo de preferencia para colocar los paneles y un muro para el inversor.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

No se consideró el uso de una red eléctrica convencional, ya que involucraría el pago de instalación y tarifa mensual; debido a la ubicación de los puntos y presencia de luz solar gran parte del año, el uso de un sistema de energía fotovoltaica cuenta con una mayor ventaja en operatividad para con todo el sistema, cuenta con ventajas a nivel ambiental como, tener una fuente renovable de bajo costo de mantenimiento y versatilidad.

4.1.3 Comparación de controladores para el proyecto

a) Controlador lógico programable: Mas conocidos como PLC, se encargan del funcionamiento de máquinas, procesos industriales de forma electromecánica según las necesidades, también procesan y reciben señales ya sean análogas o digitales de los instrumentos de campo como sensores, mediante las instrucciones que se almacenan en la memoria interna para la implementación de funciones, esto de manera secuencial y cíclica. Su operatividad, velocidad y costo relativamente bajo, lo hacen ideal para automatizar procesos específicos en tiempo real y de menos interacción con el operador, el modelo y tipo dependerá de la complejidad según la tarea necesaria.

b) Sistemas de control distribuido: Utilizado mayormente para el control en cada fase de un proceso complejo que involucra un elemento o máquina de una fábrica con un controlador en específico, este tipo de sistema están conectados por dos o más protocolos de comunicación, con un control de supervisión central el cual interactúa más con el operario, ya que este sistema se utiliza más, cuando el centro de monitoreo se encuentra cerca del proceso o se hace dentro de la misma planta.

4.1.3.1 Criterio de selección

Una vez descrito las características generales de los controladores mencionados, en la tabla 10 se muestra la comparativa considerando los siguientes criterios: tamaño del proceso y escalabilidad, comunicación y tiempo de respuesta, cambios en el proceso y costo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 10
Comparación entre controladores

	Controlador lógico programable o PLC	Sistemas de control distribuido o DCS
Tamaño del proceso y escalabilidad	El proceso a automatizar implica un limitado número de equipos de campo, el PLC no tendrá inconveniente con el control de este proceso. Al contar con una cantidad limitada de equipos por cada punto, las pocas E/S del PLC serán suficiente para el control y proceso básico que se pretende.	El DCS opera con una sola base de datos proyectada para el control de grandes instalaciones que cuenten con varios equipos y procesos, incluyendo alarmas, eventos y señales de toda la operación. Si bien un DCS cuenta con mayor escalabilidad por su gran cantidad de E/S, el proyecto no estima añadir más equipos al proceso.
Comunicación y tiempo de respuesta	Desde una comunicación básica como la serial hasta las más usadas como Modbus TCP/IP, Profinet, etc, el PLC solo puede comunicarse por un protocolo con los demás equipos. Diseñado para operaciones de alta velocidad casi en tiempo real y con un tiempo de respuesta bajo.	Ya que se usa en procesos con gran cantidad de equipos involucrados, la conexión de estos se da mediante distintos protocolos de comunicación, lo cual no pasa en este proyecto, su tiempo de respuesta y velocidad es menor ya que se dedica a procesos masivos.
Cambios en el proceso y costo	Los PLC se adecuan mejor a un proceso dedicado y cuando hay menos cambios que hacer en este, para este proyecto no se considera ajustes en el proceso constantemente o una ampliación a futuro, es conveniente optar por el PLC además de sus costos más económicos.	Su flexibilidad permite añadir y comparar una gran suma de datos en procesos complejos, si lo requiere, una ampliación del proceso con nuevos instrumentos que requieran ajustes con frecuencia, debido a estas características un DCS resulta muy por encima del costo de un PLC.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Debido a la ubicación de los distintos puntos de monitoreo y proceso a realizar, la tecnología más adecuada es mediante el uso del PLC, la velocidad y tiempo de respuesta para controlar el proceso por punto son suficientes para el proyecto, si bien se limita en unos aspectos frente a un DCS, el proceso no involucra una gran cantidad de equipos ni distintos modos de comunicación, las entradas y salidas son limitadas, soportables para un PLC.

Para el sistema propuesto se debe tomar las siguientes consideraciones:

1. Todos los equipos involucrados son alimentados mediante un sistema de energía fotovoltaica, la cual se distribuye a través del tablero de control, este cuenta con un banco de baterías como respaldo en caso de días nublados o época de lluvias.

2. Ternicien (2017) menciona que un Actuador Multifuncional se encarga de abrir y cerrar válvulas industriales en las instalaciones para la distribución de agua de regadío, con el fin de entregar un caudal de agua a las comisiones de regantes. Por medio de actuadores eléctricos las compuertas se operarán remotamente desde la Estación Central de la junta de usuarios en Cayma. Un encoder incorporado en el Actuador que sirve para convertir el movimiento y/o rotación del motorreductor en una señal eléctrica para saber cuántas vueltas dio un tornillo sinfín de la compuerta y así enviar el porcentaje de apertura de la compuerta a un controlador lógico programable PLC ubicado en cada bocatoma.

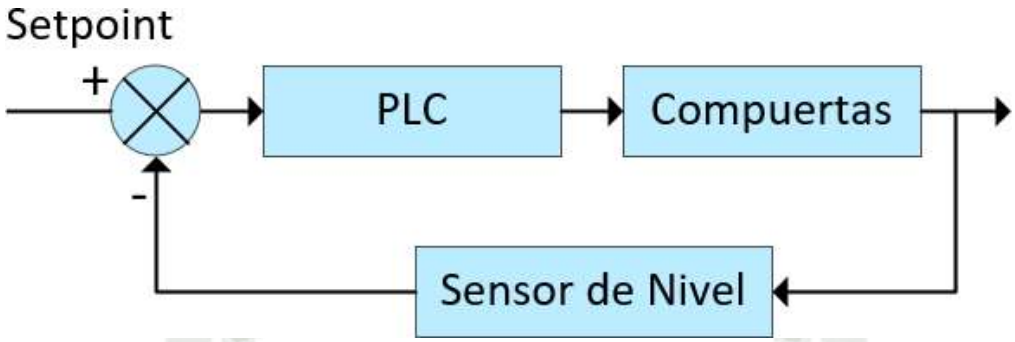
3. El PLC, controlador lógico programable, como García Moreno (1999) menciona, mediante sus características se encargará de ejecutar la lógica del sistema por medio de la lectura del porcentaje de apertura del actuador de velocidad variable además de la lectura del nivel de altura del agua del canal principal entregado por el sensor de nivel, para esto el usuario deberá brindar un setpoint o valor de consigna con el caudal necesario a entregar, se establecerá comunicación del PLC de cada bocatoma con la estación central, la información será enviada mediante un radio módem, el cual se describirá más adelante así como la tecnología de transmisión que utilizará, los datos luego se procesan en cada PLC, por lo que éste abrirá y cerrará la o las compuertas; así de esta forma poder monitorear los caudales en cada bocatoma. Este procedimiento representa un control a lazo cerrado ilustrado en la figura 8.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 8 *Sistema de control a lazo cerrado*



Fuente: Elaboración propia

3.1 La figura 8 representa el sistema propuesto en cada bocatoma en el que un PLC regula a una o más compuertas, mediante el servicio de abrir o cerrar la compuerta a un porcentaje basándose en un Set point, esta variable para nuestro proceso viene a ser el nivel de agua requerido, valor que viene dado en unidades de caudal m3/s - m3/h. El PLC lee el valor actual del Sensor de Nivel el cual se convierte en nivel (m) después de hacer una comparativa con la regla, este valor se compara con el indicado según los usuarios de cada bocatoma en base al área y requerimiento del canal, así el PLC ajusta el porcentaje de apertura / cierre de las compuertas y se acerca al valor de consigna.

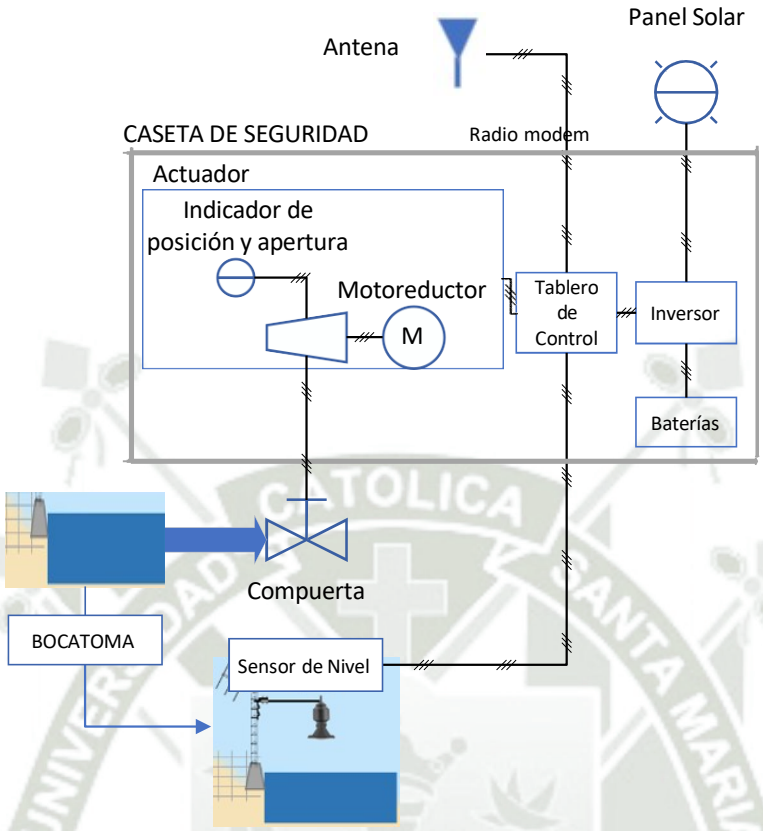
4. Cada bocatoma contará con una caseta con las características necesarias para, además de albergar los equipos, estos tengan un funcionamiento adecuado, a dichas casetas solo tendrán acceso los usuarios de las bocatomas.

5. Para finalizar, el sistema deberá operarse con un sistema SCADA, Sistema de Supervisión Control y Adquisición de Datos en la estación central ubicada en Cayma, manteniendo una comunicación con las 5 bocatomas gracias a los radio modem, cada punto transmitirá la información para el proceso y monitoreo de esta, por lo tanto, la apertura y el cierre de las 10 compuertas de las 5 bocatomas podrá ser supervisado y controlado a distancia. A continuación, en la figura 9 veremos un esquema del sistema propuesto de las bocatomas a automatizar.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 9 *Esquema del sistema de apertura/cierre de compuertas*



Fuente: Elaboración propia

4.1.4 Descripción técnica del controlador adecuado

De la tabla 10 pág. 36, el tamaño del proceso que se desea monitorear implica un número limitado de equipos de campo por cada bocatoma, esto hace que la comunicación no abarque distintos protocolos. Como se desea reportar el estado de cada punto es necesario que la velocidad del proceso sea casi en tiempo real y con un tiempo de respuesta bajo, al ser un proceso que no contempla cambios y/o demás integraciones de otro tipo a futuro, el controlador adecuado para el proyecto será un PLC de gama media alta, tipo modular, con capacidad de expansión, robusto, y homologado para todas las bocatomas debido al ámbito que involucran estas. Algunos controlaran 1 compuerta, otros 2, o hasta 4 como máximo, a continuación, se detalla:

- Canales que regulan 1 compuerta: BOC 1 y BOC 2.
- Canales que regulan 2 compuertas: BOC 3 y BOC 5.
- Canales que regulan 4 compuertas: BOC 4

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Una vez descrita las características generales de los controladores adecuados para el proyecto y sabiendo la cantidad de compuertas que regulan, indicamos que el controlador deberá contar con módulos de expansión ya sean de entradas o salidas, estos también irán dentro del tablero de control ubicado en las casetas de seguridad de cada bocatoma, en la figura 9 se ve una distribución de los equipos en la bocatoma, pero la distribución interna de los equipos en los tableros de control se detalla en el punto 4.8 Tableros de protección y control.

En la tabla 11 tenemos la cantidad de entradas y salidas digitales y analógicas necesarias para el PLC de cada bocatoma:

Tabla 11
I/O digitales y analógicas adecuadas para cada PLC

Variable	Señal	Cantidades				
		BOC 1	BOC 2	BOC 3	BOC 4	BOC 5
Entrada Analógica	Sensor de nivel	1	1	1	1	1
Salida Analógica	Setpoint de Compuerta	1	1	2	4	2
Entrada Digital	Parada de emergencia	1	1	1	1	1
Salida Relé	Piloto Funcionamiento OK	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia

El controlador a utilizar tendrá que cumplir con la cantidad de entradas y salidas, tanto analógicas como digitales, según los comandos requeridos del actuador, en su defecto acoplar módulos de salidas analógicas para cumplir con el funcionamiento del sistema. El controlador debe cumplir con ciertas características mínimas descritas a continuación:

- Tiene que ser del tipo alimentación en DC/ entradas digitales en DC/ salida tipo Relé.
- Soportar como mínimo 2 módulos de señales de salidas análogas.
- Contar como mínimo con 1 puerto Ethernet.
- El controlador deberá soportar los siguientes protocolos como mínimo: Ethernet TCP/IP, Modbus TCP/IP.

El controlador debe alimentarse con una fuente externa con entrada alterna monofásica de 120/220VAC y una salida 24Vdc en corriente continua con un

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

amperaje de salida de 2.5 amperios como mínimo, su salida deberá ser ajustable para calibrarla exactamente a 24Vdc, en la figura 10 se pueden ver las características necesarias.

Figura 10 *Características necesarias del PLC*

HOJA TÉCNICA CONTROLADOR-PLC									Nro. HOJA DE DATOS	
									HOJA: 1 de 1	
GENERAL	1	Nro. Tag	UC-BOC1-01					Proyecto	Elaboración de Expediente técnico: Automatización del sistema de compuertas en puntos de control y bocatomas, Chili Zona Regulada	
	2	Nro. P&ID	01							
	3	Servicio	Procesamiento de Inf. (Caudal, Nivel de apertura)							
	4	Ubicación	Cayma							
	5	TAG. Línea	BOC1							
	6	Tipo	DC/DC/RLY							
	7	Medidas	Ancho(mm)	90	Alto(mm)	100	Prof.(mm)	75		
	8	Temp. de Trabajo	de -20°C a +60°C							
PROCESO	9				Trabajo	Carga	Remanente			
	10	Memoria			75KB	4MB	10KB			
	11	E/S Digitales Integradas			14 entradas/10 Salidas					
	12	E/S Análogas Integradas			2 entradas (0-10 vdc)			IMAGEN REFERENCIAL		
	13	Cartucho de Señales			1 Max			Disipación de Potencia(máx.)	12w	
	14	Módulos de Señales			8 Max			Consumo de las entradas digitales(24VDC)	4 mA	
	15	Máx. E/S-Digitales			284			Tipo de Puerto	Ethernet	
	16	Max. E/S-Análogas			67			Tipo de cable	CAT5E apantallado	
	17	Alimentación			24 VDC			Intensidad de entrada solo CPU	400mA a 24VDC	
	18	Tamaño de la memoria imagen Proceso			1024 bytes (I)/1024 bytes (Q)			Protocolos	TCP/IP-ISO on TCP-UDP-Modbus TCP/IP. ASCII, PROFIBUS maestro/esclavo	
	19	Grado de protección			IP 20					

Fuente: Elaboración propia

El tag del controlador cambiara para cada bocatoma, mas no sus características ya que, como vimos en la ficha técnica esta describe las características necesarias del controlador adecuado para el proyecto.

4.2 Compuertas para la apertura y cierre del sistema

Una vez hecho el levantamiento de información de todas las bocatomas, y así teniendo información de los canales donde se instalará el nuevo sistema de regulación automatizado, se generaron distintas hojas técnicas para cada compuerta. Cada bocatoma cuenta con un canal principal de regulación y un canal de desfogue; los canales de regulación y desfogue no cuentan con

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

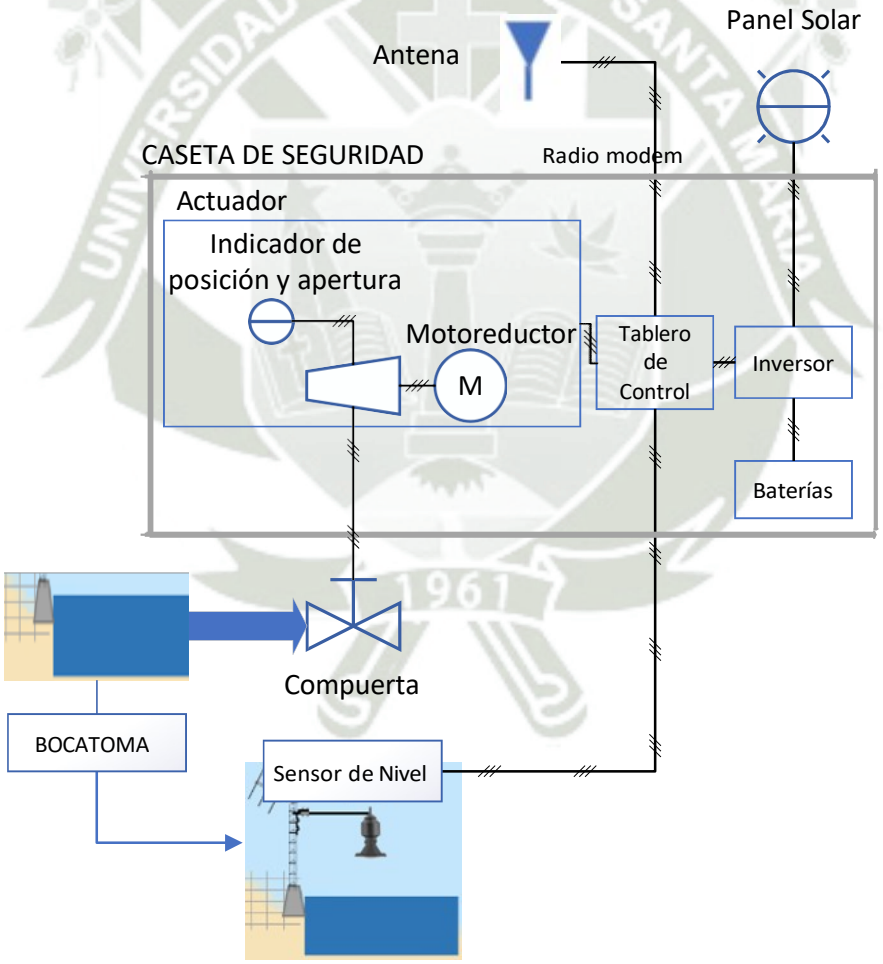
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

medidas iguales, debido a esto se consideró una hoja técnica para cada compuerta. En la bocatoma 4 se consideró colocar de 2 hasta 3 compuertas respectivamente, según el ancho del canal de regulación ya que el canal en dicha bocatoma es de un ancho mayor a 4 metros.

En la figura 11 podemos ver el esquema del funcionamiento propuesto para el control de apertura/cierre de compuertas, este puede variar debido a las características que involucra cada bocatoma por la cantidad de compuertas. Todos los equipos irán instalados en cada bocatoma protegidos por una caseta de seguridad, para equipos de comunicación, controladores, fuentes y sistemas de protección de los demás equipos, dentro de un tablero de protección o control.

Figura 11 *Control de Compuertas*



Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

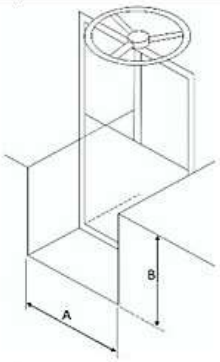
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.2.1 Ficha técnica de compuertas necesarias en bocatomas

La figura 12 muestra la ficha técnica de características necesarias para la compuerta de la bocatoma 1.

Figura 12 Ficha técnica de la compuerta para la bocatoma 1

HOJA TÉCNICA COMPUERTA DE CONTROL DE FLUJO								Nro. HOJA DE DATOS			
								HOJA:	1	DE	1
GENERAL	1	Nro. Tag	MV-BOC1-01				Proyecto	Diseño de un Sistema Automatizado para el Control en Tiempo Real de Compuertas en Canales de Regadío en Puntos de Control, usando un Sistema de Alimentación con Energía Fotovoltaica			
	2	Nro. P&ID	01								
	3	Servicio	Control de agua								
	4	Ubicación	CAYMA								
	5	TAG. Línea	BOC1								
	6	Fluido	Agua de regadío								
	7	Medidas (B, A)	Largo hoja(m)	1.70	Ancho(m)	1.06					
	8	Material	inox 304								
PROCESO	9			Unid.	Mín.	Norm.	Máx.				
	10	Flujo		l/s	2421	3034	3715				
	11	Tipo Válvula		Compuerta tipo deslizante							
ELEMENTO VALVULA	12	Conexión a Proceso		Tipo y Clase				Accionamiento mediante Actuador	Actuador multivuelta vel. variable		
	13	Operaciones por día		Tiempo de operación (seg.)				12	176.2		
	14	Peso de la compuerta (Kg)						125			
	15	Diámetro del vástago (mm)		sello				57	sellado(neoprene) por 3 lados		
	16	Marco vertical(mm)		yugos horizontales(mm)				80x105x80	50x150x50		
	17	Tipo de la hoja		Material Válvula				cuchilla	inox 304		
	18	Grado de protección						Sellos de estanqueidad, sistema antifricción, hermeticidad de las compuertas deslizantes			

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en la figura 13, muestra la ficha técnica de características necesarias para la compuerta de la bocatoma 2.

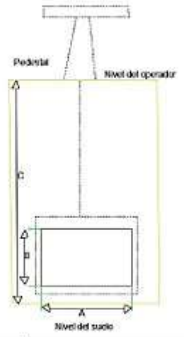
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 13 *Ficha técnica de la compuerta para la bocatoma 2*

HOJA TÉCNICA COMPUERTA CON PEDESTAL DE MANIOBRA									Nro. HOJA DE DATOS HOJA: 1 DE 1
GENERAL	1	Nro. Tag	MV-BOC2-01					Proyecto	**Diseño de un Sistema Automatizado para el Control en Tiempo Real de Compuertas en Canales de Regadío en Puntos de Control, usando un Sistema de Alimentación con Energía Fotovoltaica**
	2	Nro. P&ID	01						
	3	Servicio	Control de agua						
	4	Ubicación	CHILINA						
	5	TAG. Línea	BOC2						
	6	Fluido	Agua de regadío						
	7	Medidas (B, A, C)	Largo hoja(m)	1.20	Ancho(m)	0.80	Dist.Op"c"(m)	2.98	
	8	Material	inox 304						
PROCESO	9			Unid.	Mín.	Norm.	Máx.		
	10	Flujo		l/s	207	285	375		
	11	Tipo Válvula		Pedestal con ventana profunda					
ELEMENTO VALVULA	12	Conexión a Proceso		Tipo y Clase				Accionamiento mediante Actuador	Actuador multivuelta vel. variable
	13	Operaciones por día		Tiempo de operación (seg)				12	94.4
	14	Peso de la compuerta (Kg)						253	
	15	Diámetro del vástago(mm)		sello				57	sellado(neoprene) por 4 lados
	16	Marco vertical(mm)		yugos horizontales(mm)				80x105x80	travesaño horizontal
	17	Tipo de la hoja		Material Válvula				cuchilla	inox 304
	18	Grado de protección						Sellos de estanqueidad, sistema antifricción, hermeticidad de las compuertas deslizantes	



Fuente: Elaboración propia

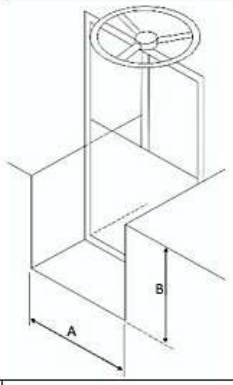
En la bocatoma 3 según la tabla 1 pág. 23, sabemos que las dimensiones del canal principal y de retorno son las mismas, por lo que las compuertas serán las mismas, indicando las características de estas en la figura 14, con la única diferencia que cambiará de tag a MV-BOC3-02.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 14 *Ficha técnica de la compuerta para la bocatoma 3*

HOJA TÉCNICA COMPUERTA DE CONTROL DE FLUJO								Nro. HOJA DE DATOS	
								HOJA: 1 DE 1	
GENERAL	1	Nro. Tag	**MV-BOC3-01**				Proyecto	**Diseño de un Sistema Automatizado para el Control en Tiempo Real de Compuertas en Canales de Regadío en Puntos de Control, usando un Sistema de Alimentación con Energía Fotovoltaica**	
	2	Nro. P&ID	01						
	3	Servicio	Control de agua						
	4	Ubicación	CAYMA						
	5	TAG. Línea	BOC3						
	6	Fluido	Agua de regadío						
	7	Medidas (B, A)	Largo hoja(m)	0.63	Ancho(m)	0.72			
	8	Material	inox 304						
PROCESO	9			Unid.	Mín.	Norm.	Máx.		
	10	Flujo		l/s	54	80	110		
	11	Tipo Válvula		Compuerta tipo deslizante					
ELEMENTO VALVULA	12	Conexión a Proceso		Tipo y Clase				Accionamiento mediante Actuador	Actuador multivuelta vel. variable
	13	Operaciones por día		Tiempo de operación (seg)				12	57.9
	14	Peso de la compuerta (Kg)						146	
	15	diámetro del vástago(mm)		sello				40	sellado(neoprene) por 3 lados
	16	Marco vertical(mm)		yugos horizontales(mm)				80x105x80	50x150x50
	17	Tipo de la hoja		Material Válvula				cuchilla	inox 304
	18	Grado de protección						Sellos de estanqueidad, sistema antifricción, hermeticidad de las compuertas deslizantes	

Fuente: Elaboración propia

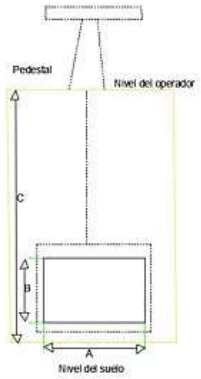
En la bocatoma 4 según la tabla 1 pág. 23, debido al ancho del canal, se distribuyen 3 compuertas con las mismas dimensiones y características a lo ancho de este, en las figuras 15 y 16 se muestran las características necesarias para estas, solo cambiarán de tag exceptuando la compuerta de derivación, los tag's de las demás compuertas a lo largo del canal principal son los siguientes MV-BOC4-03 y MV-BOC4-04.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 15 *Ficha técnica de la compuerta de derivación para la bocatoma 4*

HOJA TÉCNICA COMPUERTA CON PEDESTAL DE MANIOBRA								Nro. HOJA DE DATOS	
								HOJA: 1 DE 1	
GENERAL	1	Nro. Tag	**MV-BOC4-01**					Proyecto	**Diseño de un Sistema Automatizado para el Control en Tiempo Real de Compuertas en Canales de Regadío en Puntos de Control, usando un Sistema de Alimentación con Energía Fotovoltaica**
	2	Nro. P&ID	01						
	3	Servicio	Control de agua						
	4	Ubicación	Vallecito						
	5	TAG. Línea	BOC4						
	6	Fluido	Agua de regadío						
	7	Medidas (B, A, C)	Largo hoja(m)	1.20	Ancho(m)	1.00	"c"	2.80	
	8	Material	inox 304						
PROCESO	9				Unid.	Mín.	Norm.	Máx.	
	10	Flujo			l/s	1202	1820	2505	
	11	Tipo Válvula			Pedestal con ventana profunda				
ELEMENTO VALVULA	12	Conexión a Proceso			Tipo y Clase			Accionamiento mediante Actuador	Actuador multivuelta vel. variable
	13	Operaciones por día			Tiempo de operación (seg)			12	220.2
	14	Peso de la compuerta (Kg)						276	
	15	Diámetro del vástago(mm)			sello			20	sellado(neoprene) por 4 lados
	16	Marco vertical(mm)			yugos horizontales(mm)			80x105x80	Travesaño horizontal
	17	Tipo de la hoja			Material Válvula			cuchilla	inox 304
	18	Grado de protección						Sellos de estanqueidad, sistema antifricción, hermeticidad de las compuertas deslizantes	

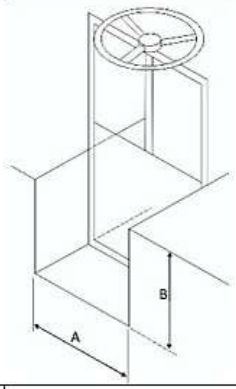
Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 16 *Ficha técnica de la compuerta para la bocatoma 4*

HOJA TÉCNICA COMPUERTA DE CONTROL DE FLUJO								Nro. HOJA DE DATOS	
								HOJA: 1 DE 1	
GENERAL	1	Nro. Tag	**MV-BOC4-02**					Proyecto	**Diseño de un Sistema Automatizado para el Control en Tiempo Real de Compuertas en Canales de Regadío en Puntos de Control, usando un Sistema de Alimentación con Energía Fotovoltaica**
	2	Nro. P&ID	02						
	3	Servicio	Control de agua						
	4	Ubicación	Vallecito						
	5	TAG. Línea	BOC4						
	6	Fluido	Agua de regadío						
	7	Medidas (B, A)	Largo hoja(m)	1.20	Ancho(m)	1.50			
	8	Material	inox 304						
PROCESO	9			Unid.	Mín.	Norm.	Máx.		
	10	Flujo		l/s	1202	1820	2505		
	11	Tipo Válvula		Compuerta tipo deslizante					
ELEMENTO VALVULA	12	Conexión a Proceso		Tipo y Clase				Accionamiento mediante Actuador	Actuador multivuelta vel. variable
	13	Operaciones por día		Tiempo de operación (seg)				12	94.4
	14	Peso de la compuerta (Kg)						247	
	15	diámetro del vástago(mm)		Sello				57	sellado(neoprene) por 3 lados
	16	Marco vertical(mm)		yugos horizontales(mm)				80x105x80	50x150x50
	17	Tipo de la hoja		Material Válvula				cuchilla	inox 304
	18	Grado de protección						Sellos de estanqueidad, sistema antifricción, hermeticidad de las compuertas deslizantes	

Fuente: Elaboración propia

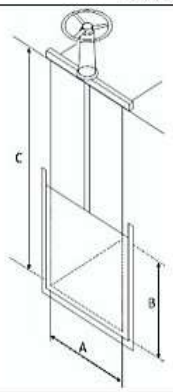
En la bocatoma 5 según la tabla 1 pág. 23, se necesitan 2 compuertas de diferente tipo, la figura 17 y 18 muestran tanto el tag como las características necesarias de las compuertas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 17 *Ficha técnica de la Compuerta de derivación para la bocatoma 5*

HOJA TÉCNICA COMPUERTA CON PEDESTAL DE MANIOBRA								Nro. HOJA DE DATOS	
								HOJA: 1 DE 1	
GENERAL	1	Nro. Tag	**MV-BOC5-01**				Proyecto	**Diseño de un Sistema Automatizado para el Control en Tiempo Real de Compuertas en Canales de Regadío en Puntos de Control, usando un Sistema de Alimentación con Energía Fotovoltaica**	
	2	Nro. P&ID	01						
	3	Servicio	Control de agua						
	4	Ubicación	Tiabaya						
	5	TAG. Línea	BOC5						
	6	Fluido	Agua de regadío						
	7	Medidas (B, A, C)	Largo hoja(m)	1.60	Ancho(m)	1.00	"C"	2.45	
	8	Material	inox 304						
PROCESO	9				Unid.	Mín.	Norm.	Máx.	
	10	Flujo			l/s	258	350	530	
	11	Tipo Válvula			Compuerta tipo deslizante				
ELEMENTO VALVULA	12	Conexión a Proceso			Tipo y Clase			Accionamiento mediante Actuador	Actuador multivuelta vel. variable
	13	Operaciones por día			Tiempo de operación (seg)			12	134.9
	14	Peso de la compuerta (Kg)						254	
	15	diámetro del vástago(mm)			sello			20	sellado(neoprene) por 3 lados
	16	Marco vertical(mm)			yugos horizontales(mm)			80x105x80	50x150x50
	17	Tipo de la hoja			Material Válvula			cuchilla	inox 304
	18	Grado de protección						Sellos de estanqueidad, sistema antifricción, hermeticidad de las compuertas deslizantes	

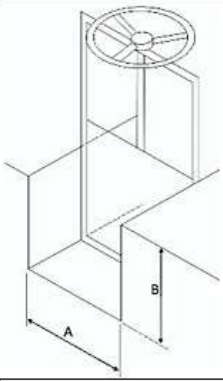
Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 18 *Ficha técnica de la Compuerta para la bocatoma 5*

HOJA TÉCNICA COMPUERTA DE CONTROL DE FLUJO							Nro. HOJA DE DATOS	
							HOJA: 1 DE 1	
GENERAL	1	Nro. Tag	**MV-BOC5-02**				Proyecto	**Diseño de un Sistema Automatizado para el Control en Tiempo Real de Compuertas en Canales de Regadío en Puntos de Control, usando un Sistema de Alimentación con Energía Fotovoltaica**
	2	Nro. P&ID	02					
	3	Servicio	Control de agua					
	4	Ubicación	Tiabaya					
	5	TAG. Línea	BOC5					
	6	Fluido	Agua de regadío					
	7	Medidas (B, A)	Largo hoja(m)	1.15	Ancho(m)	0.50		
	8	Material	inox 304					
PROCESO	9			Unid.	Mín.	Norm.	Máx.	
	10	Flujo		l/s	258	350	530	
	11	Tipo Válvula		Compuerta tipo deslizante				
ELEMENTO VALVULA	12	Conexión a Proceso		Tipo y Clase			Accionamiento mediante Actuador	Actuador multivuelta vel. variable
	13	Operaciones por día		Tiempo de operación (seg)			12	105.6
	14	Peso de la compuerta (Kg)					194	
	15	diámetro del vástago(mm)		sello			40	sellado(neoprene) por 3 lados
	16	Marco vertical(mm)		yugos horizontales(mm)			80x105x80	50x150x50
	17	Tipo de la hoja		Material Válvula			cuchilla	inox 304
	18	Grado de protección					Sellos de estanqueidad, sistema antifricción, hermeticidad de las compuertas deslizantes	

Fuente: Elaboración propia

4.3 Desarrollo de apertura y cierre de compuertas mediante actuadores de velocidad variable

Para todos los actuadores se considera un **tiempo de operación** que varía desde 50 segundos hasta 220 segundos (3 minutos y 40 segundos), el tiempo de operación es el tiempo que se demora la compuerta en pasar del 0% al 100% de apertura, o del 100% al 0%. La cantidad de operaciones como máximo en cada compuerta son de 12 operaciones, permitiendo como ya mencionamos la apertura o cierre total de la compuerta, este dato servirá posteriormente para el cálculo de energía consumida por el sistema.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Esta apertura y cierre también dependerá de elementos como la cantidad de caudal que se necesite en cada punto, dato que será suministrado por los sensores de nivel ubicados en cada caja de aforo respectivamente, dicho equipo se describe más adelante.

Una vez que ya se cuenta con la información de las compuertas necesarias en cada punto, podemos describir de igual forma mediante fichas técnicas las características de los actuadores que necesitara cada compuerta para el correcto izaje.

4.3.1 Ficha Técnica para la selección de actuadores

Estas fichas se tomarán de referencia para la selección del instrumento de campo adecuado, cumpliendo previamente las características y criterios mencionados a continuación.

La figura 19 indica la ficha técnica de características necesarias para el actuador de la bocatoma 1, estas características se basan en los siguientes criterios, la ficha de la compuerta mostrada en la figura 12 pág. 43, nos brinda el peso de la compuerta que elevará el actuador, por ende, debe contar con el torque suficiente para maniobrar una compuerta de peso mínimo de 125 Kg. De la tabla 8 pág. 32 consideramos la operatividad con las compuertas y el grado de protección, ya que estos actuadores cuentan con un eje hueco para el vástago de la compuerta y considerando que los equipos van a estar propensos a ser cubiertos de agua, es necesaria una carcasa IP68 sumergible en agua, además de contar con una protección para evitar la corrosión del equipo. Una interfaz de comunicación compatible con protocolos como ethernet y Modbus TCP/IP, dispositivos de protección interna como switchgear y themoswitches para el motor. Se sabe que el sistema fotovoltaico suministra una tensión de red monofásica de 220 AC, por lo que los equipos deben soportar esta tensión de red, en caso falle el indicador de posición, este debe contar con un indicador mecánico de respaldo.

Estas características y criterios para la selección del actuador se consideran para todas las bocatomas, con la diferencia en el peso que debe soportar el actuador ya que las compuertas varían de peso en cada punto.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 19 *Ficha técnica de actuador para bocatoma 1*

HOJA TÉCNICA ACTUADOR ELECTRICO					Nro. HOJA DE DATOS: 1 de 1
GENERAL	1	Nro. Tag	UZ-BOC1-01	Proyecto	**Diseño de un Sistema Automatizado para el Control en Tiempo Real de Compuertas en Canales de Regadío en Puntos de Control, usando un Sistema de Alimentación con Energía Fotovoltaica**
	2	Nro. P&ID	01		
	3	Servicio	Regulación del izaje de compuertas		
	4	Ubicación	CAYMA		
	5	Peso	59.8 Kg		
	6	Velocidad	2800 RPM		
	7	Torque	250(N.m)		
	8	Potencia	1.5KW		
DESCRIPCION	9	SAV 14.2	Actuador multivuelta de velocidad variable S2-15min servicio de corta duración		
	10	A. UN	Accionamiento de salida: accionamiento de salida con tuerca de vástago ø máx. 57 mm		
	11	1ph/220-240V/50-60Hz	Tensión de red: monofásica AC 220-240V / 50-60Hz		
	12	In	8.9 A		
	13	A0001	Color estándar para protección contra la corrosión KN / KS / KX (AUMA gris plateado)		
	14	11.2	Indicador de posición mecánico	IP 68	Protección de la carcasa IP68, sumergible para máx. 96 horas, máx. 8 m de altura de agua, hasta 10 operaciones durante la inundación
	15	30.5	indicación de posición remota: transmisor de posición magnético MWG (AC.2)	N.30.70	Diseño de temperatura: adecuado para temperatura ambiente de -30°C a +70°C
	16	22.05	calentador: en el compartimento de interruptores 24 V	S0.080	Conector eléctrico S, entradas de cable con rosca NPT 2 x ¾ "NPT; 1 x 1¼" NPT
	17	SP	tubo de protección del vástago (1.70m)	C1	Electrónica de potencia con controlador de motor integrado
	18	1T	protección del motor: termostatos (NC)		

Fuente: Elaboración propia

La figura 20 indica la ficha técnica de características necesarias para el actuador de la bocatoma 2, estas características se basan en la ficha de la compuerta mostrada en la figura 13 pág. 44, debe contar con el torque suficiente para maniobrar una compuerta de peso mínimo de 253 Kg.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 20 *Ficha técnica de Actuador para bocatoma 2*

HOJA TÉCNICA ACTUADOR ELECTRICO					Nro. HOJA DE DATOS
					HOJA: 1 de 1
GENERAL	1	Nro. Tag	UZ-BOC2-01	Proyecto	Diseño de un Sistema Automatizado para el Control en Tiempo Real de Compuertas en Canales de Regadío en Puntos de Control, usando un Sistema de Alimentación con Energía Fotovoltaica
	2	Nro. P&ID	01		
	3	Servicio	Regulación del izaje de compuertas		
	4	Ubicación	Chilina-ASA		
	5	Peso	59.8 Kg		
	6	Velocidad	2800 RPM		
	7	Torque	250(N.m)		
	8	Potencia	1.5KW		
DESCRIPCION	9	SAV 14.2	Actuador multivuelta de velocidad variable S2-15min servicio de corta duración		
	10	A. UN	Accionamiento de salida: accionamiento de salida con tuerca de vástago ø máx. 57 mm		
	11	1ph/220-240V/50-60Hz	Tensión de red: monofásica AC 220-240V / 50-60Hz		
	12	In	8.9 A		
	13	A0001	Color estándar para protección contra la corrosión KN / KS / KX (AUMA gris plateado)		
	14	11.2	Indicador de posición mecánico	IP 68	Protección de la carcasa IP68, sumergible para máx. 96 horas, máx. 8 m de altura de agua, hasta 10 operaciones durante la inundación
	15	30.5	indicación de posición remota: transmisor de posición magnético MWG (AC.2)	N.30.70	Diseño de temperatura: adecuado para temperatura ambiente de -30°C a +70°C
	16	22.05	calentador: en el compartimento de interruptores 24 V	S0.080	Conector eléctrico S, entradas de cable con rosca NPT 2 x ¾ "NPT; 1 x 1¼" NPT
	17	SP	tubo de protección del vástago (1.20m)	C1	Electrónica de potencia con controlador de motor integrado
	18	1T	protección del motor: termostatos (NC)		

Fuente: Elaboración propia

En la bocatoma 3 según la tabla 1 pág. 23, sabemos que las dimensiones del canal principal y de retorno son las mismas, por lo que los actuadores serán los mismos para cada compuerta respectivamente, con la única diferencia que cambiará de tag a UZ-BOC3-02, la figura 21 muestra las características necesarias para estos actuadores, estas características se basan en la ficha técnica de la compuerta mostrada en la figura 14 pág. 45, deben contar con el torque suficiente para maniobrar las compuertas de peso mínimo de 146 Kg.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 21 *Ficha técnica de actuador para bocatoma 3*

HOJA TÉCNICA ACTUADOR ELECTRICO					Nro. HOJA DE DATOS
					HOJA: 1 de 1
GENERAL	1	Nro. Tag	**UZ-BOC3-01**	Proyecto	**Diseño de un Sistema Automatizado para el Control en Tiempo Real de Compuertas en Canales de Regadío en Puntos de Control, usando un Sistema de Alimentación con Energía Fotovoltaica**
	2	Nro. P&ID	01		
	3	Servicio	Regulación del izaje de compuertas		
	4	Ubicación	CAYMA		
	5	Peso	33.2 Kg		
	6	Velocidad	2800 RPM		
	7	Torque	120(N.m)		
	8	Potencia	1.1KW		
DESCRIPCION	9	SAV 10.2	Actuador multivuelta de velocidad variable S2-15min servicio de corta duración		
	10	A. UN	Accionamiento de salida: accionamiento de salida con tuerca de vástago ø máx. 40 mm		
	11	1ph/220-240V/50-60Hz	Tensión de red: monofásica AC 220-240V / 50-60Hz		
	12	In	7.6 A		
	13	A0001	Color estándar para protección contra la corrosión KN / KS / KX (AUMA gris plateado)		
	14	11.2	Indicador de posición mecánico	IP 68	Protección de la carcasa IP68, sumergible para máx. 96 horas, máx. 8 m de altura de agua, hasta 10 operaciones durante la inundación
	15	30.5	indicación de posición remota: transmisor de posición magnético MWG (AC.2)	N.30.70	Diseño de temperatura: adecuado para temperatura ambiente de -30°C a +70°C
	16	22.05	calentador: en el compartimento de interruptores 24 V	S0.080	Conector eléctrico S, entradas de cable con rosca NPT 2 x ¾ "NPT; 1 x 1¼" NPT
	17	SP	tubo de protección del vástago (0.65m)	C1	Electrónica de potencia con controlador de motor integrado
	18	1T	protección del motor: termostatos (NC)		

Fuente: Elaboración propia

La bocatoma 4 según la tabla 1 pág. 23, debido al ancho del canal, se distribuyen 3 compuertas con las mismas dimensiones y características a lo ancho de este, por lo que solo cambiarán de tag exceptuando el actuador para la compuerta de derivación, los tag's de los demás actuadores a lo largo del canal principal son los siguientes UZ-BOC4-03 y UZ-BOC4-04, las características de estos actuadores se muestran en la figura 22 y 23, estas características se basan en las fichas técnicas de las compuertas mostradas en las figuras 15 y 16 pág. 46 y 47, debe contar con el torque suficiente para maniobrar las compuertas de 247 Kg y 276 Kg respectivamente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 22 *Ficha técnica de actuador para bocatoma 4*

HOJA TÉCNICA ACTUADOR ELECTRICO					Nro. HOJA DE DATOS: HOJA: 1 de 1
GENERAL	1	Nro. Tag	**UZ-BOC4-01**	Proyecto	**Diseño de un Sistema Automatizado para el Control en Tiempo Real de Compuertas en Canales de Regadío en Puntos de Control, usando un Sistema de Alimentación con Energía Fotovoltaica**
	2	Nro. P&ID	01		
	3	Servicio	Regulación del izaje de compuertas		
	4	Ubicación	Vallecito		
	5	Peso	51.8 Kg		
	6	Velocidad	2800 RPM		
	7	Torque	360(N.m)		
	8	Potencia	2.2KW		
DESCRIPCION	9	SAV 10.2	Actuador multivuelta de velocidad variable S2-15min servicio de corta duración		
	10	A. UN	Accionamiento de salida: accionamiento de salida con tuerca de vástago ø máx. 40 mm		
	11	1ph/220-240V/50-60Hz	Tensión de red: monofásica AC 220-240V / 50-60Hz		
	12	In	13 A		
	13	A0001	Color estándar para protección contra la corrosión KN / KS / KX (AUMA gris plateado)		
	14	11.2	Indicador de posición mecánico	IP 68	Protección de la carcasa IP68, sumergible para máx. 96 horas, máx. 8 m de altura de agua, hasta 10 operaciones durante la inundación
	15	30.5	indicación de posición remota: transmisor de posición magnético MWG (AC.2)	N.30.70	Diseño de temperatura: adecuado para temperatura ambiente de -30°C a +70°C
	16	22.05	calentador: en el compartimento de interruptores 24 V	S0.080	Conector eléctrico S, entradas de cable con rosca NPT 2 x ¾ "NPT; 1 x 1¼" NPT
	17	SP	tubo de protección del vástago (1.20m)	C1	Electrónica de potencia con controlador de motor integrado
	18	1T	protección del motor: termostatos (NC)		

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 23 *Ficha técnica de actuador para bocatoma 4*

HOJA TÉCNICA ACTUADOR ELECTRICO					Nro. HOJA DE DATOS: 1 de 1
GENERAL	1	Nro. Tag	**UZ-BOC4-02**	Proyecto	**Diseño de un Sistema Automatizado para el Control en Tiempo Real de Compuertas en Canales de Regadío en Puntos de Control, usando un Sistema de Alimentación con Energía Fotovoltaica**
	2	Nro. P&ID	02		
	3	Servicio	Regulación del izaje de compuertas		
	4	Ubicación	Vallecito		
	5	Peso	59.8 Kg		
	6	Velocidad	2800 RPM		
	7	Torque	250(N.m)		
	8	Potencia	1.5KW		
DESCRIPCION	9	SAV 14.2	Actuador multivuelta de velocidad variable S2-15min servicio de corta duración		
	10	A. UN	Accionamiento de salida: accionamiento de salida con tuerca de vástago ø máx. 57 mm		
	11	1ph/220-240V/50-60Hz	Tensión de red: monofásica AC 220-240V / 50-60Hz		
	12	In	8.9 A		
	13	A0001	Color estándar para protección contra la corrosión KN / KS / KX (AUMA gris plateado)		
	14	11.2	Indicador de posición mecánico	IP 68	Protección de la carcasa IP68, sumergible para máx. 96 horas, máx. 8 m de altura de agua, hasta 10 operaciones durante la inundación
	15	30.5	indicación de posición remota: transmisor de posición magnético MWG (AC.2)	N.30.70	Diseño de temperatura: adecuado para temperatura ambiente de -30°C a +70°C
	16	22.05	calentador: en el compartimento de interruptores 24 V	S0.080	Conector eléctrico S, entradas de cable con rosca NPT 2 x ¾ "NPT; 1 x 1¼" NPT
	17	SP	tubo de protección del vástago (1.20m)	C1	Electrónica de potencia con controlador de motor integrado
	18	1T	protección del motor: termostatos (NC)		

Fuente: Elaboración propia

En la bocatoma 5 según la tabla 1 pág. 23, se necesitan 2 compuertas de diferente tipo, la figura 24 y 25 muestran tanto el tag como las características necesarias de los actuadores, estas características se basan en las fichas de las compuertas mostradas en las figuras 17 y 18 pág. 49 y 50, debe contar con el torque suficiente para maniobrar las compuertas de 194 Kg y 254 Kg respectivamente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 24 *Ficha técnica de actuador para bocatoma 5*

HOJA TÉCNICA ACTUADOR ELECTRICO					Nro. HOJA DE DATOS
					HOJA: 1 de 1
GENERAL	1	Nro. Tag	**UZ-BOC5-01**	Proyecto	**Diseño de un Sistema Automatizado para el Control en Tiempo Real de Compuertas en Canales de Regadío en Puntos de Control, usando un Sistema de Alimentación con Energía Fotovoltaica**
	2	Nro. P&ID	01		
	3	Servicio	Regulación del izaje de compuertas		
	4	Ubicación	Tiabaya		
	5	Peso	51.8 Kg		
	6	Velocidad	2800 RPM		
	7	Torque	250(N.m)		
	8	Potencia	2.2KW		
DESCRIPCION	9	SAV 10.2	Actuador multivuelta de velocidad variable S2-15min servicio de corta duración		
	10	A. UN	Accionamiento de salida: accionamiento de salida con tuerca de vástago ø máx. 40 mm		
	11	1ph/220-240V/50-60Hz	Tensión de red: monofásica AC 220-240V / 50-60Hz		
	12	In	13 A		
	13	A0001	Color estándar para protección contra la corrosión KN / KS / KX (AUMA gris plateado)		
	14	11.2	Indicador de posición mecánico	IP 68	Protección de la carcasa IP68, sumergible para máx. 96 horas, máx. 8 m de altura de agua, hasta 10 operaciones durante la inundación
	15	30.5	indicación de posición remota: transmisor de posición magnético MWG (AC.2)	N.30.70	Diseño de temperatura: adecuado para temperatura ambiente de -30°C a +70°C
	16	22.05	calentador: en el compartimento de interruptores 24 V	S0.080	Conector eléctrico S, entradas de cable con rosca NPT 2 x ¾ "NPT; 1 x 1¼" NPT
	17	SP	tubo de protección del vástago (1.60m)	C1	Electrónica de potencia con controlador de motor integrado
	18	1T	protección del motor: termostatos (NC)		

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 25 *Ficha técnica de actuador para bocatoma 5*

HOJA TÉCNICA ACTUADOR ELECTRICO					Nro. HOJA DE DATOS: HOJA 1 de 1
GENERAL	1	Nro. Tag	**UZ-BOC5-02**	Proyecto	**Diseño de un Sistema Automatizado para el Control en Tiempo Real de Compuertas en Canales de Regadío en Puntos de Control, usando un Sistema de Alimentación con Energía Fotovoltaica**
	2	Nro. P&ID	02		
	3	Servicio	Regulación del izaje de compuertas		
	4	Ubicación	Tiabaya		
	5	Peso	33.2 Kg		
	6	Velocidad	2800 RPM		
	7	Torque	120(N.m)		
	8	Potencia	1.1KW		
DESCRIPCION	9	SAV 10.2	Actuador multivuelta de velocidad variable S2-15min servicio de corta duración		
	10	A. UN	Accionamiento de salida: accionamiento de salida con tuerca de vástago ø máx. 40 mm		
	11	1ph/220-240V/50-60Hz	Tensión de red: monofásica AC 220-240V / 50-60Hz		
	12	In	7.6 A		
	13	A0001	Color estándar para protección contra la corrosión KN / KS / KX (AUMA gris plateado)		
	14	11.2	Indicador de posición mecánico	IP 68	Protección de la carcasa IP68, sumergible para máx. 96 horas, máx. 8 m de altura de agua, hasta 10 operaciones durante la inundación
	15	30.5	indicación de posición remota: transmisor de posición magnético MWG (AC.2)	N.30.70	Diseño de temperatura: adecuado para temperatura ambiente de -30°C a +70°C
	16	22.05	calentador: en el compartimento de interruptores 24 V	S0.080	Conector eléctrico S, entradas de cable con rosca NPT 2 x ¾ "NPT; 1 x 1¼" NPT
	17	SP	tubo de protección del vástago (1.15m)	C1	Electrónica de potencia con controlador de motor integrado
	18	1T	protección del motor: termostatos (NC)		

Fuente: Elaboración propia

Las fichas técnicas que se elaboraron cumplen con la finalidad de describir las características principales de las compuertas y actuadores propuestos para el diseño; características como las dimensiones de las compuertas, peso, modelo de actuador asignado, el material o la cantidad de caudal que pasa por la bocatoma, sirve para que cada una de estas cumpla con los requisitos solicitados después de la información levantada en campo.

4.4 Desarrollo del procedimiento de operación propuesto

El control de las compuertas de regulación y compuertas de retorno al río, será mediante un sistema SCADA implementado en la Sede Central de la Junta de Usuarios ubicada en Cayma. Dicho sistema se encargará del manejo de las compuertas. Según los usuarios, las compuertas solo se accionarán en caso de emergencia y regulación del caudal según la demanda del día, por lo que

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

sugirieron que la cantidad necesaria de operaciones de cada compuerta sea de 12 al día.

El control de compuertas motorizadas, será realizado por el PLC (Controlador Lógico Programable) de cada bocatoma, mediante las características ya mencionadas por García Moreno (1999) con la finalidad de dar autonomía a cada punto en caso de pérdida de comunicación con la estación central.

La selección del modo de operación "LOCAL" o "REMOTO" se realizará mediante una pantalla del sistema SCADA de la Estación Central. El modo de operación "LOCAL" solo se daría para casos de mantenimiento preventivo o correctivo en una o varias casetas. Durante este modo local, debe haber siempre una persona en el sistema SCADA y una persona en la caseta.

En este caso no se realizaría ningún accionamiento o variación sobre el manejo de las compuertas, la selección de este modo de operación involucra solo el mantenimiento de compuertas, este modo es considerado una especie de "bloqueo" de comando desde el sistema de control.

En condiciones de operación normal o sea modo "REMOTO", los equipos estarán en modo automático. En este modo el ajuste de la apertura de la(s) compuerta(s) se realizará mediante los controladores correspondientes conforme a la bocatoma que se quiera intervenir.

Se debe programar en el PLC un **número de operaciones máximo por día** para cada compuerta, que será de **12 operaciones como máximo**, se entiende que los actuadores tendrán un consumo de potencia por operación, multiplicado por 12 operaciones en 24 horas de un día, nos dan un acumulado de potencia en Kilowatts – Hora (KW/h). Con este número máximo de operaciones al día nos permite ahorrar energía de las baterías, ya que el sistema es alimentado con paneles solares.

4.4.1 Arquitectura de control

Los detalles de arquitectura y especificación del Sistema de Control los describiremos a continuación.

La arquitectura contempla controladores lógicos programables (PLC's) ya indicados anteriormente, ubicados en cada bocatoma o canal, el PLC se encarga

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

de leer la información que le envía un Sensor de Nivel en cada canal, así envía una señal de apertura/cierre a cada una de las compuertas, pudiendo regular la(s) compuerta(s) del canal principal o regular la compuerta del canal de derivación, dependiendo de cada sistema.

La apertura/cierre de la(s) compuerta(s) es ejecutado a través de una red de campo tipo bus, pudiendo estar compuesta por un convertidor que comunique al PLC a través de su puerto ethernet TCP/IP a una red de campo tipo Modbus TCP/IP que estará formada por los Motorreductores (Actuadores de Velocidad Variable), el PLC envía la orden a través de esta red y es transmitida la orden hacia los actuadores, los cuales abrirán o cerrarán una o varias compuertas respectivamente, y estos Actuadores de Velocidad Variable a su vez envía al PLC el porcentaje de apertura de la compuerta.

A través de la Red de campo, se permitirá además al PLC, tener acceso a la configuración avanzada y ajuste de los Motorreductores.

Toda la información de los estados actuales en los PLC es enviada a la central vía un Radio modem siempre que la central lo requiera, podría ser de manera automática una vez cada hora, esta limitación es con el objetivo de ahorrar los datos de ida y vuelta desde la central hacia los controladores de los canales.

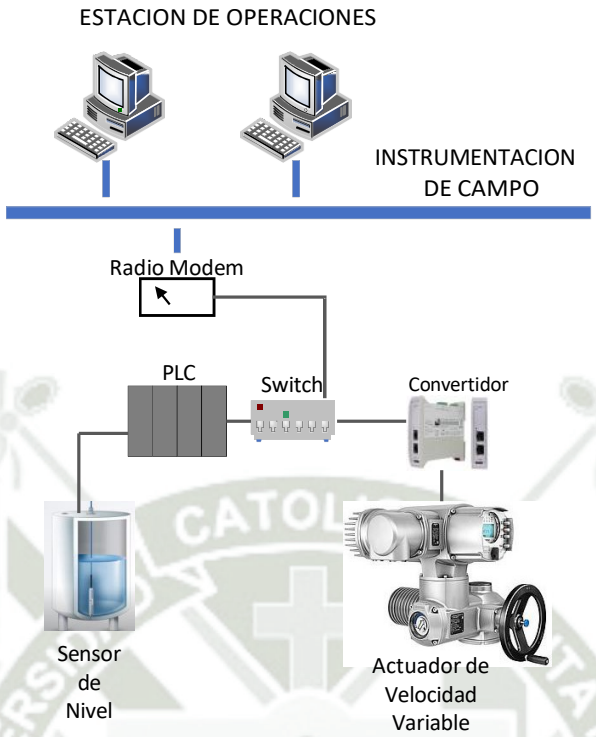
El cálculo de potencia de las cargas, paneles solares, baterías e inversores solares que veremos más adelante fue realizado para lograr que cada compuerta tenga 12 maniobras al día, por lo que cada PLC deben tener una rutina que logre este objetivo, es decir que su forma de actuar sea por medio de acumulación de valores del caudal medido, creando registros internos de caudal/hora. Aclarando nuevamente que, la limitación de 12 maniobras al día de cada una de las compuertas es necesaria para brindar un ahorro de energía, se debe entender que dentro de estas 12 maniobras se incluyen las maniobras de apertura/cierre de compuertas en caso de emergencia, estas podrían deberse factores externos, por ejemplo, debido a la ruptura de canales o daños a la infraestructura de riego, u otra condición que pueda presentarse en épocas de incremento de caudal en los canales y que permita tomar la mejor decisión para proteger la infraestructura. A manera de resumen, se indican los aspectos principales como una ilustración en la figura 26.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 26 *Arquitectura de control*



Fuente: Elaboración propia

4.4.2 Condiciones del sistema SCADA

El sistema SCADA deberá tener las siguientes características como mínimo:

- Sistema capaz de poder soportar los tag's de las 5 bocatomas.
- Posible de instalar en una PC existente con sistema operativo Windows.
- Permitirá mostrar los caudales actuales de cada uno de los 5 canales.
- Permitirá mostrar el estado actual de cada uno de los 5 controladores PLC.
- Permitirá cambiar los valores del caudal requerido en cada canal ajustando el valor Setpoint (valor de ajuste).
- Permitirá cambiar los modos del sistema MANUAL o REMOTO.
- Permitirá verificar el estado de cada uno de los 10 actuadores de velocidad variable a través de la red de campo.
- Permitirá establecer una comunicación bidireccional con las 5 bocatomas por medio del acceso a los datos de una web, donde los radio módems GSM/GPRS almacenan la información vital de cada PLC para su lectura / escritura.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La tabla 12 es un listado propuesto y estimado de tag´s, habrá tag's adicionales, para crear nuevos en caso se necesite; en el mercado existen sistemas SCADA con cantidades de tag's definidos que son 512, 1024, 2048.

Tabla 12

TAG's necesarios para el sistema SCADA

Tags propuestos		
Nombre	**Tipo**	**Cantidad**
Caudal en canal	Analógica	5
Abrir compuerta	Digital	10
Cerrar compuerta	Digital	10
Compuerta abierta	Digital	10
Compuerta abriendo	Digital	10
Compuerta cerrada	Digital	10
Compuerta cerrando	Digital	10
Falla 1 compuerta	Digital	10
Falla 2 compuerta	Digital	10
Falla 3 compuerta	Digital	10
Falla 4 compuerta	Digital	10
Falla inversor batería	Digital	6
Falla inversor panel	Digital	6
Inversor alimentado panel solar	Digital	6
Inversor ok	Digital	6
Parada de emergencia activada	Digital	5
PLC a manual	Digital	5
PLC a remoto	Digital	5
PLC en manual	Digital	5
PLC en remoto	Digital	5
PLC en run	Digital	5
PLC a run	Digital	5
PLC a stop	Digital	5
PLC en stop	Digital	5
PLC ok	Digital	5
Porcentaje de apertura de compuerta	Analógica	10
Sensor de nivel	Analógica	5
Sensor de nivel cable roto	Digital	5
Sensor de nivel corto circuito	Digital	5
Torque en compuerta	Analógica	10
Valor de consigna a compuerta	Analógica	10
Alarma en canal	Digital	5
Subtotal		**234**
15% de tags adicional		**35**
Total		**269**

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La tabla 12 es referencial, debido a que las diferentes alternativas de SCADA's y marcas diversas del equipamiento a incorporar entregan ciertas funcionalidades que otras marcas no las tienen, nuestra evaluación nos determinó aproximadamente 512 tags.

4.5 Consideraciones para el Sistema de Medición

Para la medición correcta de los caudales, debe contarse con tablas de calibración de las 5 Reglas Limnimétricas existentes en cada bocatoma o canal, en dichas tablas se debe tener los valores tabulados de caudal vs nivel acerca de cada canal.

El sensor de nivel en cada caja de aforo realiza la medición, una vez instalado el sensor en la caja de medición, enviará la información del nivel de agua, y por medio de este valor y los valores tabulados de caudal vs nivel, es que deberán ser ingresados a una rutina del PLC, realizar una calibración en campo para que se logre una escalado correcto de los valores, y de esta manera tener la medición correcta. Finalmente, este dato del caudal enviará cada controlador a la central, en m3/s o m3/h u otra unidad requerida.

4.5.1 Comparación de sensores adecuados para el proyecto

a) Sensor de agua por flotador: Este tipo de sensores son dispositivos electromecánicos, interruptores también ya que actúa como este, cambiando de estado según el nivel de agua mediante sus imanes internos atrayendo al interruptor, se usa en tanques de agua o donde se requiera controlar el nivel, puede activar alarmas u otros instrumentos involucrados en el proceso.

b) Sensor de agua por ultrasonido: En su mayoría no tienen contacto con el agua, se usan montados en la superficie del tanque o estructura para operar válvulas, bombas y alarmas. Para medir el nivel usan impulsos ultrasónicos que llegan a la superficie del líquido, estos se reflejan llegando así nuevamente al sensor, luego se mide el tiempo entre la onda emitida y recibida(reflejada) calculando así la distancia entre la superficie del líquido y sensor, por tanto, el nivel.

c) Sensor de presión hidrostática: Estos sensores de presión sumergibles adecuados para pozos o depósitos se montan en la parte inferior de estos, y determinan la señal de nivel mediante la diferencia de presión entre la columna

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

de agua y la presión atmosférica que se transfiere a la sonda sumergible, el amplio rango de medición permite el uso con medidores, registradores o PLC.

4.5.1.1 Criterio de selección

La tabla 13 muestra la comparativa de sensores, como criterio de selección se considera: material y grado de protección, rango de medición y tipo de salida.

Tabla 13 *Comparación entre tipos de sensores*

	Sensor de agua por flotador	**Sensor de agua por ultrasonido**	**Sensor de presión hidrostática**
Montaje, Material y grado de protección	Mayormente son de PVC y llegan a un grado de protección IP 67, su montaje puede peligrar y entorpecer el proceso, al ir estos en los exteriores del tanque.	Se instalan mediante un soporte en la parte superior del tanque, pueden ser de acero inox y plástico, con un grado de protección que puede llegar a IP 68.	Suelen ser de acero inox y se sumerge en el fondo del pozo debido a esto su grado de protección es IP 68.
Rango de medición y tipo de salida	No cuenta con un rango de medición ni un tipo de salida ya que se comporta como un switch.	El rango de medición puede llegar hasta 15m y puede utilizar protocolos como HART, Profibus, 4-20mA.	Pueden llegar a un rango de medición de 10m, su salida es de 4-20mA, puede usar otros protocolos de comunicación.

Fuente: Elaboración propia

Después de evaluar los tipos de sensores, será necesario un sensor de presión hidrostática, si bien cuenta con características similares al de ultrasonido, la diferencia es que los hidrostáticos pueden ir sumergidos, esto lo hace menos propenso a robos ya que su montaje no requiere de algún tipo de soporte que lo haga estar por fuera de la caja de aforo o realizar modificaciones en esta.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

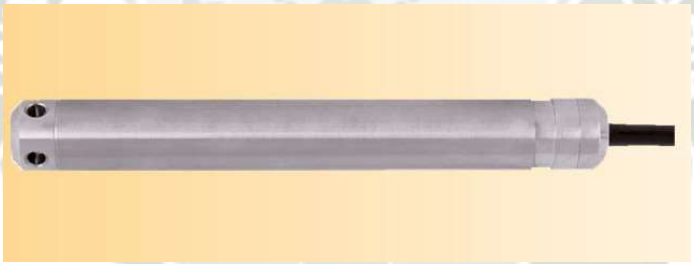
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para el sistema propuesto se debe tomar las siguientes consideraciones:

El sistema de medición está compuesto por un sensor de nivel ubicado en cada caja de aforo, el cual envía una señal de salida de 4-20mA a la entrada analógica del PLC mediante un cable de instrumentación que viaja entubado bajo tierra hasta el Tablero de Control de cada caseta. Esta información del nivel o caudal podrá ser visualizado en el Sistema SCADA en la estación central.

Este proyecto contempla en cada bocatoma una caja de aforo, se utilizarán las existentes, cada una de estas albergará en su interior un Sensor de Nivel con su cable, el dispositivo indicará el nivel en función a la altura de la caja de aforo. Para ello se sumerge el sensor directamente en el líquido hasta el fondo, para alcanzar la máxima profundidad. En esta posición vertical el sensor de nivel mide la presión hidrostática, lo que permite un cálculo directo del nivel y/o caudal, la figura 27 es un ejemplo de un sensor sumergible.

Figura 27 *Sensor del tipo sumergible*



Fuente: (Kobold Peru, 2019)

Presentamos un cuadro con la altura de las cajas de aforo, distancia desde el Sensor de Nivel hasta el Tablero General en la Caseta de Control. El sensor elegido tendrá que cumplir con el rango de medidas de la tabla 14.

Tabla 14
Rango de medidas para el sensor

Metas	Altura caja de aforo (m)	Alcance del sensor (m)	Distancia recta (m)	Distancia de cableado (m)
Bocatoma 1	1.00	2.0	18	35
Bocatoma 2	1.40	2.0	40	60
Bocatoma 3	0.70	1.0	10	20
Bocatoma 4	1.00	1.0	40	75
Bocatoma 5	1.50	2.0	60	130

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.5.2 Descripción técnica del sensor adecuado

Debido a las distancias de cableado se necesita una señal de salida de 4-20mA ya que son más estables frente a largas distancias y más inmunes frente a ondas de RF e interferencias electromagnéticas. Las características necesarias del sensor son descritas en la tabla 15.

Tabla 15
Características del sensor necesario

Sensor de Nivel:	**Sensor hidrostático**
TAGS:	LT-BOC1-01, LT-BOC2-01, LT-BOC3-01, LT-BOC4-01, LT-BOC5-01
Rango:	2 m
Material Sensor:	Acero inoxidable 1.4404
Material Sonda:	Acero inoxidable 1.4571
Cable:	Poliuretano
Sellado:	FPM
Copa:	Acero inoxidable 1.4571
Señal de Salida:	4...20 mA, 2-hilos
Linealidad:	± 0,25%
Temperatura ambiente:	± 0,1%/10 K
Alimentación:	12…30Vdc
Temperatura de Operación:	-10°C a 60°C
Dimensiones de la Sonda:	Ø 22 x 173 mm
Sección del cable:	0,34 mm2
Protección:	IP68
Protección contra sobre voltaje:	NTB-OVP12, montaje de campo IP54
Protección contra sobre voltaje:	NTB-OVP32: montaje en carril DIN 46277-3
Tensión Pico (Lento):	90 Vpp
Tensión Pico (Rápido):	30 Vpp
Resistencia en Serie:	13 Ω ±10%
Especial	Resistencia a la suciedad
Tipo	Compacto

Fuente: Elaboración propia

La sonda de inmersión comprende un sensor de medición, un transmisor de dos hilos y un cable especial con tubo capilar, que debe ser empalmado en una caja de paso en la poza de medición o aforo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.6 Sistema de recolección y transmisión de datos propuesto

El PLC será encargado de la recolección y la transmisión de los datos, recolectará la información de campo por medio de sus entradas digitales y analógicas, y controlará los actuadores de campo por medio de una Red de preferencia Modbus TCP, protocolo abierto que permite una integración sencilla por medio de una interfaz física Ethernet y una arquitectura del tipo maestro-esclavo. La transmisión de los datos lo realizará por medio de una conexión Ethernet hacia un Radio modem GSM/GPRS en cada toma. Se considera este tipo de red debido los siguientes factores: ubicación de los puntos, velocidad, control en el uso de recursos para la transmisión de datos y servicio punto a punto asignando una dirección al punto de origen y llegada. La conmutación de paquetes de datos frente a errores de comunicación o envío de paquetes puede retransmitir una menor cantidad de datos y/o reenviar un paquete sin afectar al resto, el pago de este servicio es por la cantidad de datos enviados.

En la estación central, el sistema SCADA almacenará la información en una PC o Servidor existente.

Primeramente, evaluamos la cobertura GSM /GPRS, dado que es el sistema de comunicación más sencillo de instalar.

Para este análisis tomaremos en cuenta como información secundaria, la provista por el Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL) con su servicio dado en (Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones, 2022) , el mismo que describe el tipo de cobertura móvil y sus características técnicas especificas en cada caso, a nivel del distrito en el que se ubica cada bocatoma, considerando la representación de las distintas operadoras en la figura 28 y posterior evaluación y resumen en la tabla 16.

Figura 28 *Representación de las coberturas de las distintas señales*

Fuente: (Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones, 2022)

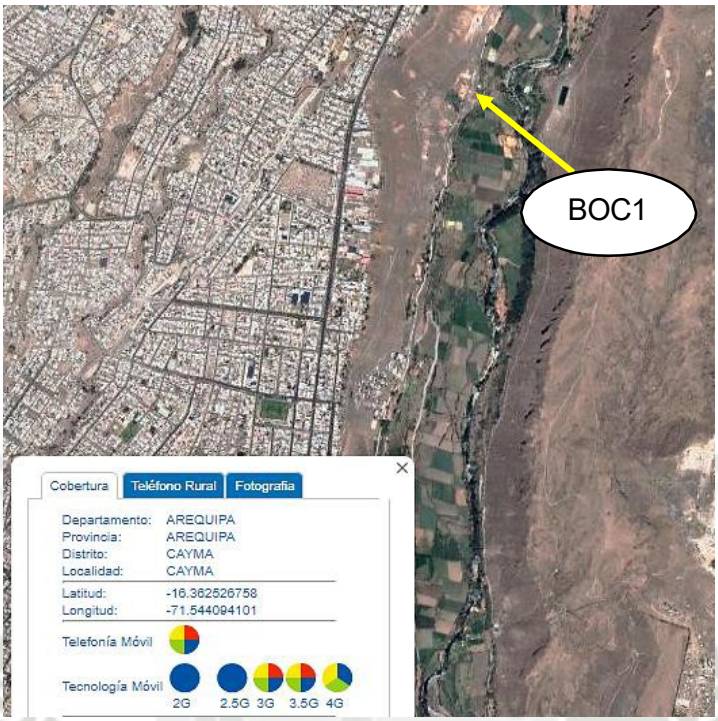
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En la figura 29 se muestra la cobertura por las distintas señales que hay en la bocatoma 1.

Figura 29 *Evaluación de cobertura en bocatoma 1*



Fuente: (Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones, 2022)

Empresa	2G	2.5G	3G	3.5G	4G
Movistar	No	No	Si	Si	Si
Entel	Si	Si	Si	Si	Si
Claro	No	No	Si	Si	No
Bitel	No	No	Si	Si	Si

Después de la evaluación, la bocatoma 1 puede contar con una transmisión de datos vía celular según los operadores de telefonía móvil identificados en el análisis, en caso se use la señal claro, esta no operará en la banda 4G según el análisis.

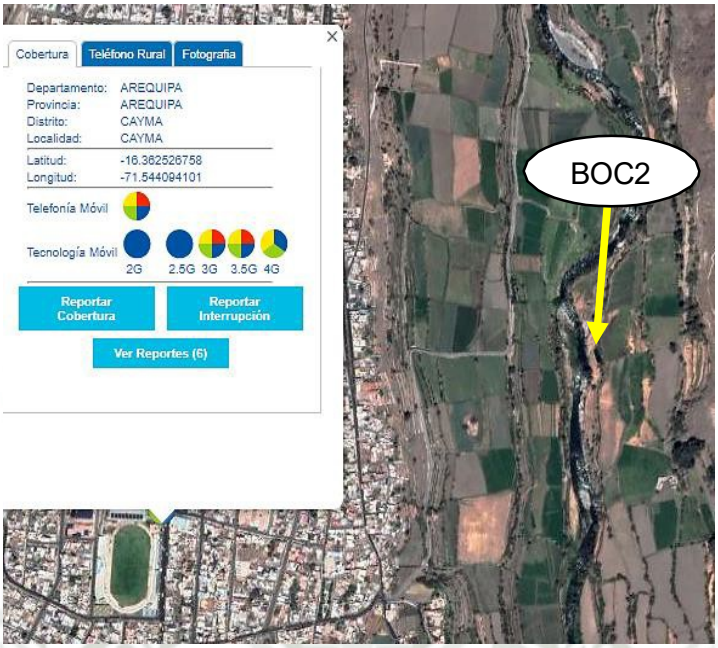
La figura 30 representa la evaluación de la cobertura por las distintas señales que hay en la bocatoma 2.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 30 *Evaluación de cobertura en bocatoma 2*



Fuente: (Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones, 2022)

Empresa	2G	2.5G	3G	3.5G	4G
Movistar	No	No	Si	Si	Si
Entel	Si	Si	Si	Si	Si
Claro	No	No	Si	Si	No
Bitel	No	No	Si	Si	Si

Después de la evaluación, la bocatoma 2 puede contar con una transmisión de datos vía celular según los operadores de telefonía móvil identificados en el análisis, en caso se use la señal claro, esta no operará en la banda 4G según el análisis.

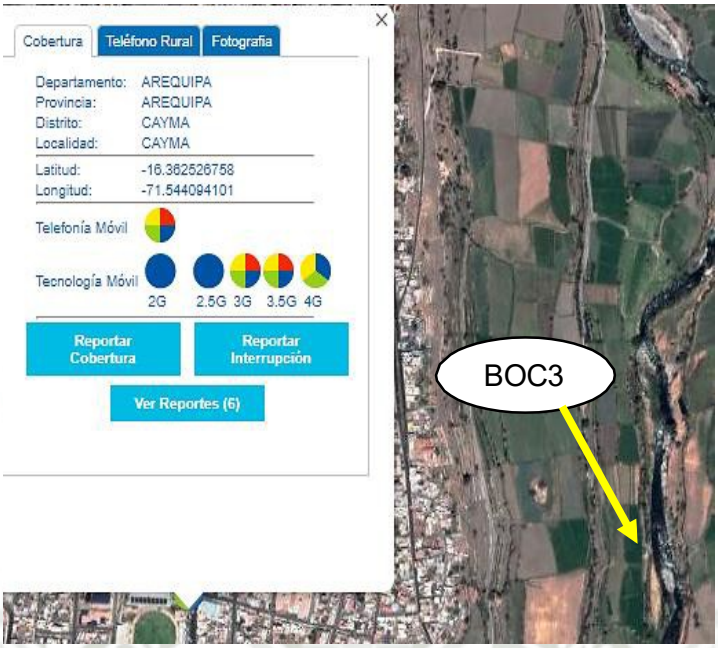
La figura 31 representa la evaluación de la cobertura por las distintas señales que hay en la bocatoma 3.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 31 Evaluación de cobertura en bocatoma 3



Fuente: (Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones, 2022)

Empresa	2G	2.5G	3G	3.5G	4G
Movistar	No	No	Si	Si	Si
Entel	Si	Si	Si	Si	Si
Claro	No	No	Si	Si	No
Bitel	No	No	Si	Si	Si

Después de la evaluación, la bocatoma 3 puede contar con una transmisión de datos vía celular según los operadores de telefonía móvil identificados en el análisis, en caso se use la señal claro, esta no operará en la banda 4G según el análisis.

La figura 32 representa la evaluación de la cobertura por las distintas señales que hay en la bocatoma 4.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 32 Evaluación de cobertura en bocatoma 4

Fuente: (Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones, 2022)

Empresa	2G	2.5G	3G	3.5G	4G
Movistar	No	No	Si	Si	Si
Entel	Si	Si	Si	Si	Si
Claro	No	No	Si	No	Si
Bitel	No	No	Si	Si	Si

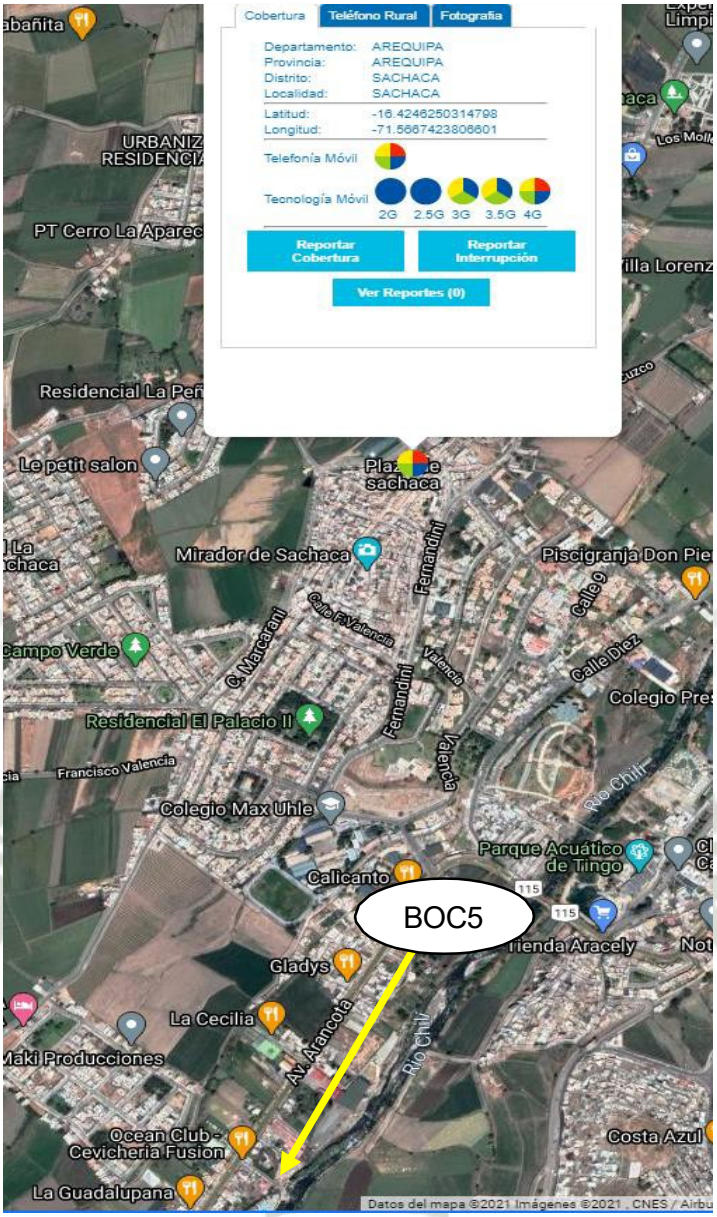
La bocatoma 4 puede contar con una transmisión de datos vía celular según los operadores de telefonía móvil identificados en el análisis.

La figura 33 representa la evaluación de la cobertura por las distintas señales que hay en la bocatoma 5.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 33 Evaluación de cobertura en bocatoma 5



Fuente: (Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones, 2022)

Empresa	2G	2.5G	3G	3.5G	4G
Movistar	No	No	Si	Si	Si
Entel	Si	Si	Si	Si	Si
Claro	No	No	No	No	Si
Bitel	No	No	Si	Si	Si

Después de la evaluación, la bocatoma 5 puede contar con una transmisión de datos vía celular según los operadores de telefonía móvil identificados en el análisis.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En la tabla 16 podemos ver el resumen de la cobertura de señales en cada punto.

Tabla 16
Resumen de cobertura de señales en cada punto

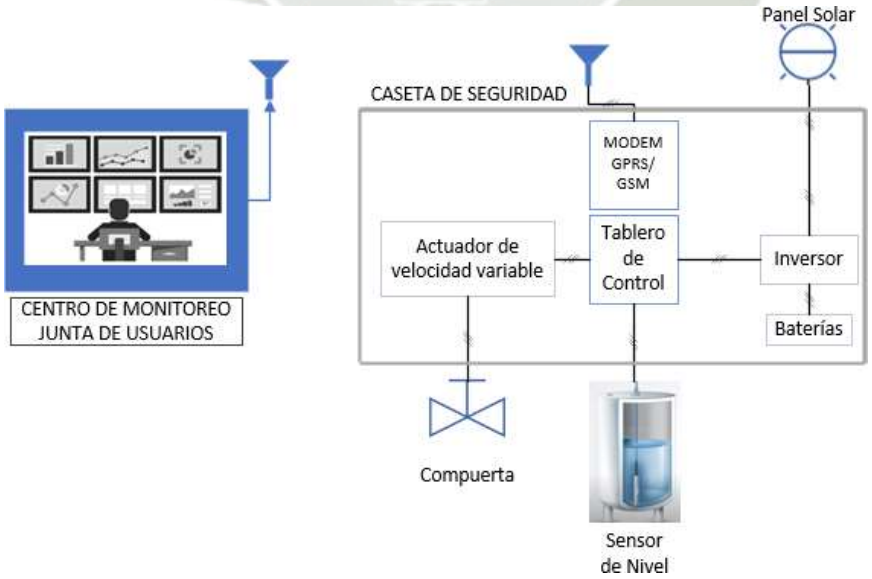
Metas	Cobertura GSM/GPRS	Cobertura web OSIPTEL
Bocatoma 1	SI	SI
Bocatoma 2	SI	SI
Bocatoma 3	SI	SI
Bocatoma 4	SI	SI
Bocatoma 5	SI	SI

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 16 se concluye que, si es posible una comunicación en ambos sentidos, desde los 5 puntos de control hasta la central de la junta de usuarios en Cayma, la transmisión se realizaría vía GSM/GPSR, con chips (CLARO, MOVISTAR, ENTEL, BITEL).

Según el estudio levantado y en base al sistema propuesto mencionado en el inciso 4.1, la información será enviada mediante la antena 4G de un radio modem, la cual saldrá por fuera del tablero o fuera de la caseta en el peor de los casos, en la figura 34 se aprecia la propuesta ilustrativa para la transmisión de datos.

Figura 34 *Transmisión de Datos*



Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.6.1 Descripción técnica del radio modem apropiado

Para un funcionamiento adecuado de la transmisión de datos, el radio modem deberá cumplir con las características mínimas descritas en la tabla 17.

Tabla 17
Características necesarias para el Radio modem

	RADIO MODEM
Características principales:	• Diseñado para aplicaciones de IoT, rápido y robusto • Bajo costo y bajo consumo de energía • Hasta 150 Mbps de enlace descendente / 50 Mbps de enlace ascendente por aire. • Uso de datos y alertas de sistemas (correo electrónico, SMS).
Interfaz serial	RS232 / RS485
Velocidad de transmisión en serie	300bps - 921kbps
Bandas soportadas	LTE, FDD: B1, B2, B3, B4, B5, B7, B8, B12, B13, B18, B19, B20, B26, B28 TDD: B38, B39, B40, B41 WCDMA: B1, B2, B4, B5, B8, B6, B19 GSM: B2/B3/B5/B8
Funciones de datos móviles	LTE FDD: Up to 150 Mbps DL, 50 Mbps UL LTE TDD: Up to 130 Mbps DL, 35 Mbps UL WCDMA: Up to 384 Kbps DL, 384 Kbps UL GSM: Up to 107 Kbps DL, 85.6 Kbps UL
Ethernet	10/100/1000 BaseT, Auto - MDI/X, IEEE 802.3
Tarjeta SIM	Dual SIM: Nano SIM (4FF)
Protocolos de red	IPv4, IPv6, TCP, UDP, TCP/IP, DHCP, HTTP, FTP, DNS, Modbus Slave (TCP)
Seguridad	VPN, IPSec with IKE/ISAKMP.
Firewall	NAT, NAT-T VPN tunneling, Port forwarding, DMZ.
Voltaje de entrada	5 – 30 VDC
Conectores	Antena 3x SMA Female (Main, Diversity, GPS) Data RJ-45 (Ethernet) USB 4 PIN Interlock (Vin) SIM Micro-AB,Nano (4FF) 1.8 / 3.0V
Ambiente	Temperatura de operación: -40°C a +85°C Humedad: 5 – 95% sin condensación.
Dimensiones:	1.75” X 1.75” x 1.35”

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

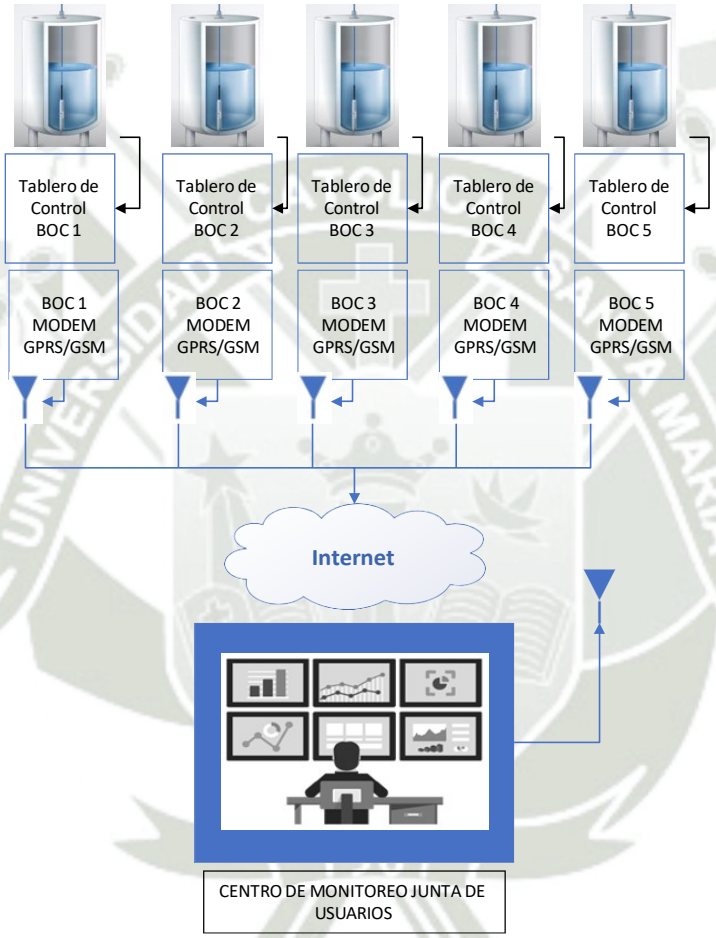
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.6.2 Esquema conceptual

Topológicamente, el sistema de recolección y transmisión de datos deberá conectarse al Centro de Monitoreo también por GSM/GPRS, por lo que se deberá proveer esta capacidad de infraestructura, la figura 35 es una ilustración de la topología propuesta.

Figura 35 *Topología del Sistema de recolección de datos*



Fuente: Elaboración propia

4.7 Software de Ingeniería para la adquisición de datos

El software de ingeniería para la adquisición de datos y programación del PLC deberá permitir todas las funciones, sin limitaciones por cantidad de bloques, sus Licencias deberán ser originales, que sean compatibles con todos los modelos de PLC's de su gama, debe ser actualizable, deberá ser en idioma español, deberá tener la compatibilidad para implementar comunicación con protocolos Ethernet TCP/IP, deberá permitir la comunicación con señales 4-20 mA y/o

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

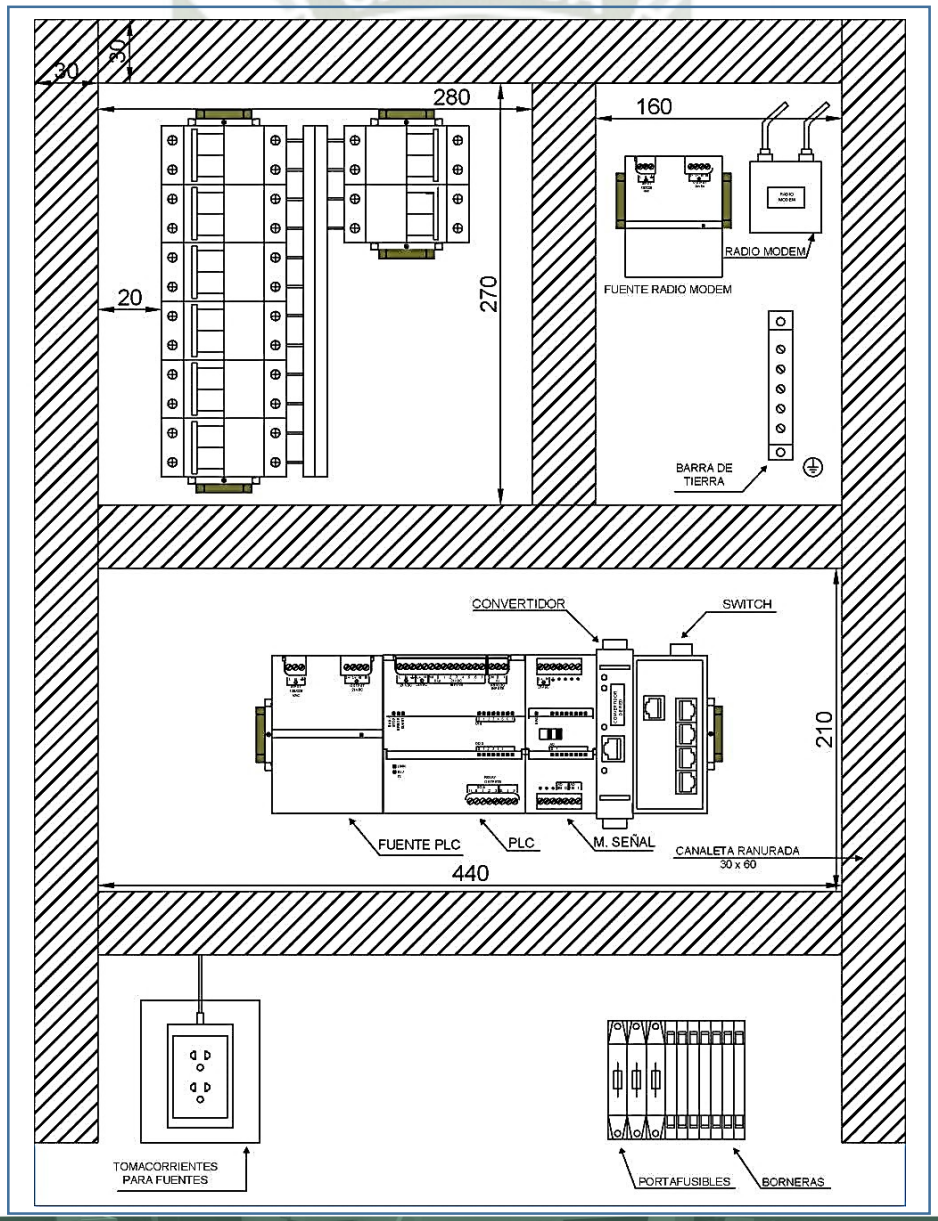
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

protocolo Hart y/o ModBus, deberá permitir el uso de entradas y salidas digitales y analógicas. A demás debe ser compatible con las características descritas en el inciso 4.4.2 para que el sistema sea funcional al comunicarse con el sistema SCADA.

4.8 Tableros de protección y control

Se requiere de un gabinete para alojar, proteger y garantizar las condiciones adecuadas para el funcionamiento del transmisor, sistema de alimentación, Sistema de control, y demás componentes del sistema de interconexión eléctrica y de datos, el gabinete y distribución de los equipos se ve en las figuras 36 y 37.

Figura 36 *Plano referencial de distribución de equipos en Tablero de Control "T.C" IP66 700x500X200 mm*



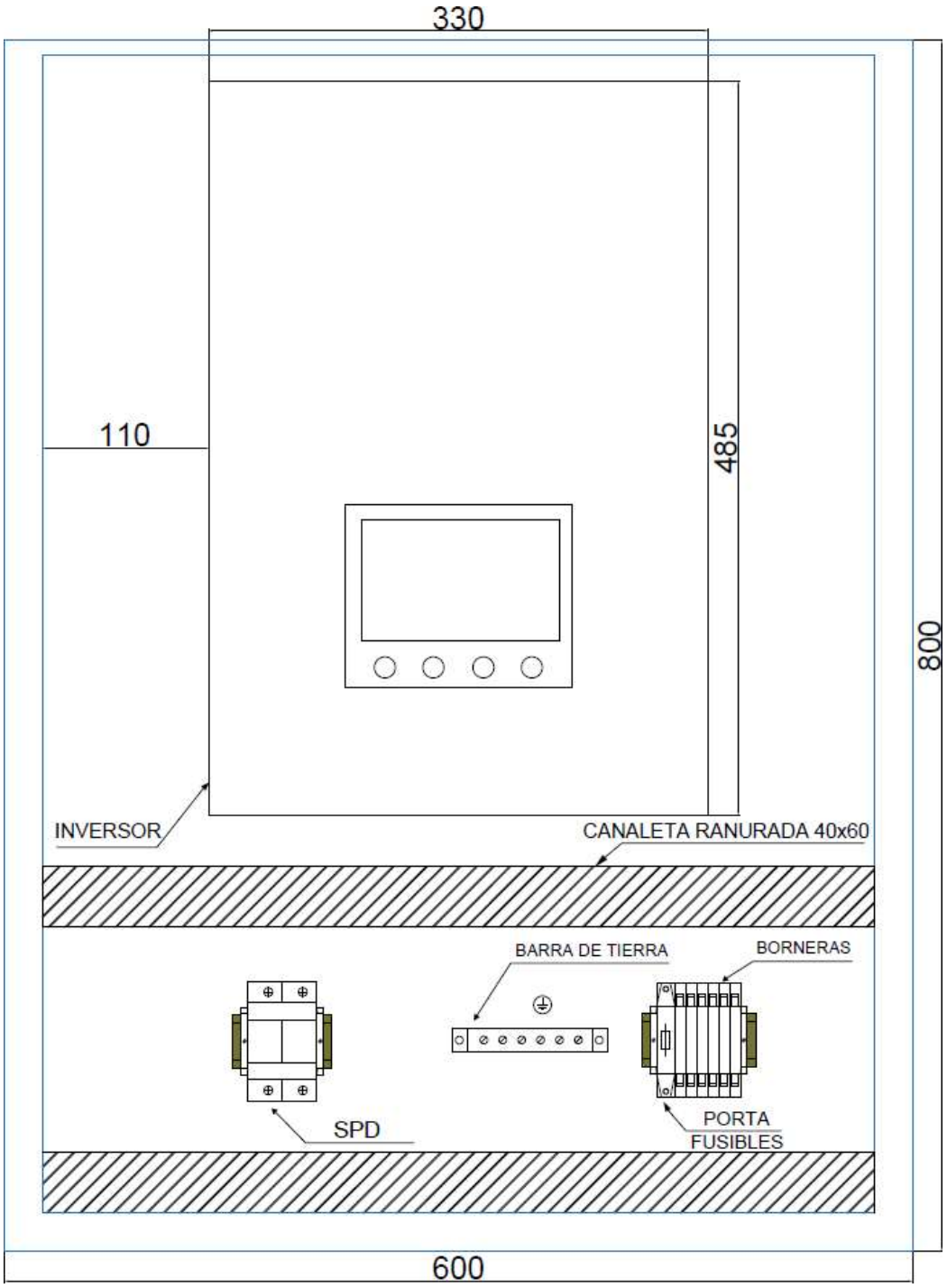
Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 37 *Plano referencial de distribución de equipos en Tablero Inversor "T.I" IP66 800x600X250 mm*



Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.8.1 Tableros adecuados para el proyecto

Como vimos anteriormente un solo gabinete no puede albergar el sistema de control y alimentación, por lo que se elegirán 2 gabinetes de diferentes medidas, estas son las siguientes 800x600x250 mm y 700x500x200 mm los cuales tendrán que contar con las características mínimas descritas en la tabla 18.

Tabla 18
Características de gabinete necesario

Gabinete	
1	Hermético, resistente a la corrosión, oxido, polvo, agua, metálico (IP66 o NEMA 4X).
2	Los cables al interior del tablero deben viajar en canaletas ranuradas canaletas. No se permiten empalmes de cables dentro de canaletas.
3	Puerta abatible con doble cerradura.
4	Para la entrada y salida de los cables del tablero, se debe realizar por medio de conectores de Conduit herméticos, y en el peor de los casos, usando prensaestopas para asegurar la hermeticidad.
5	La caja de equipos deberá contener un contacto de puesta a tierra seguro en su parte inferior que sirva de punto de conexión común para la puesta a tierra estática y de seguridad. La puerta del tablero deberá estar aterrada y conectados a la tierra general del sistema.
6	Todos los agujeros deberán ser hermetizados.
7	Deberá poseer un 15% de espacio libre para el caso de nuevo equipamiento.
8	Certificaciones del tablero y/o fabricante: ISO9001, CE, UL, TUV.
	Accesorios
1	Incluir plano de conexiones y distribución en la puerta del gabinete protegidos en un portaplanos contra la intemperie.
2	Todas las borneras serán para montaje en riel DIN, para la conexión del sistema de puesta a tierra y de conductores de las señales y voltajes de alimentación.
3	El etiquetado completo de componentes internos de tablero, cables, tuberías.
4	Kit de sujeción para montar y accesorios con tornillería en fierro galvanizado o acero inoxidable.
5	Y demás accesorios necesarios para la correcta fijación, protección, funcionamiento e instalación de todos los dispositivos del gabinete.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.9 Conexionado General de Equipos para el Sistema Automatizado

Como se puede ver en la figura 38, tenemos un diagrama del conexionado general del sistema, desde la alimentación de este mediante paneles solares, hasta los distintos instrumentos de campo como controladores, actuadores y sensores encargados de la recolección y transmisión de datos.

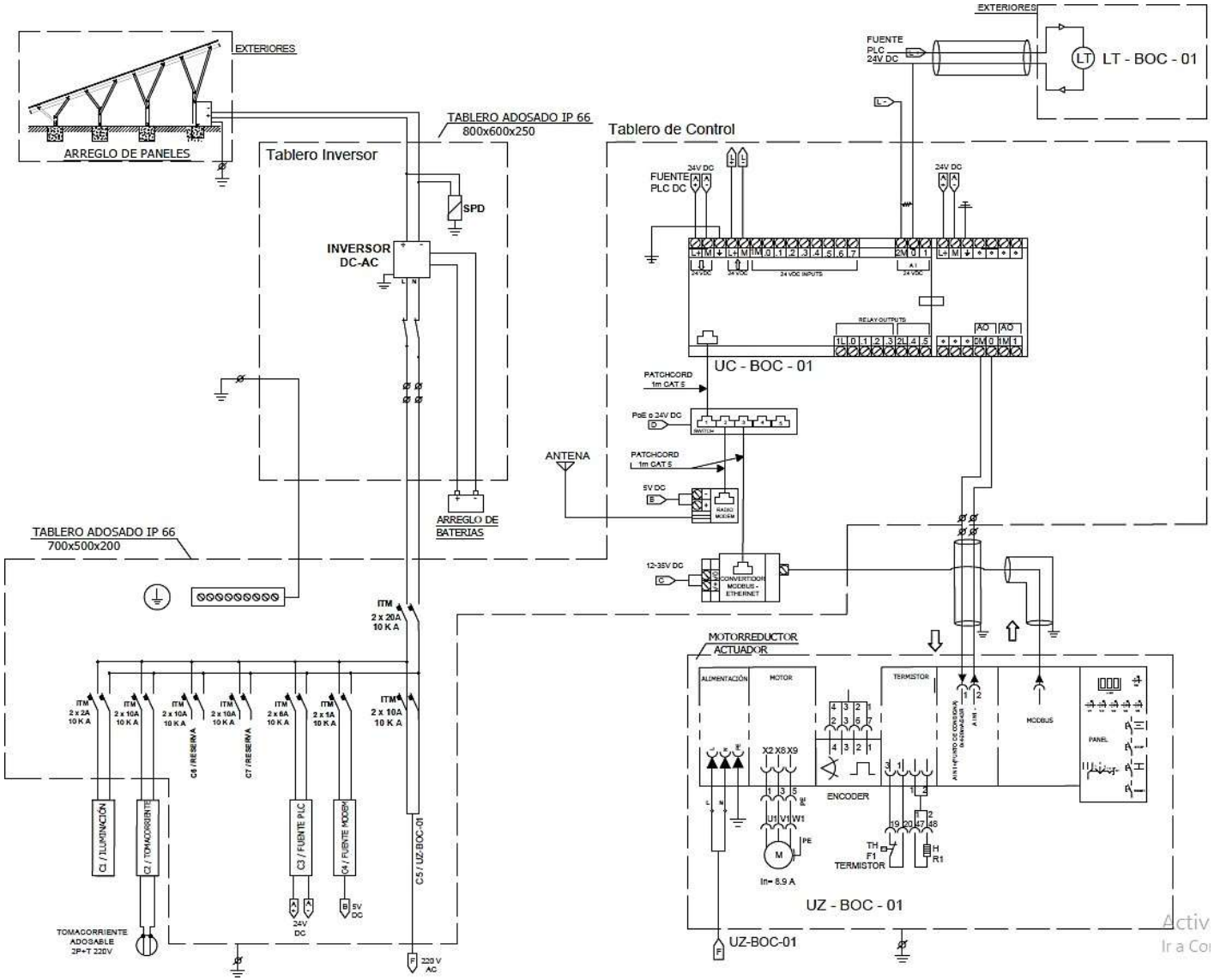
Este modelo parte desde la recolección de energía mediante paneles solares, la cual se encarga de cargar las baterías de respaldo gracias a un inversor DC-AC el cual transforma la corriente captada en las celdas (DC) en corriente (AC), posteriormente alimenta el tablero de control en el que se encuentran equipos como el Radio modem, PLC, fuentes y distintas llaves termomagnéticas para su protección. El PLC recibe la señal del sensor de nivel mediante una de sus entradas analógicas, dicha señal indica el nivel del agua en el punto, señal enviada por el Radio modem a la central para ser evaluado, en caso se necesite abrir o cerrar la compuerta se envía la instrucción al PLC para realizar el accionamiento del actuador para después, mediante la red de campo informar el estado del actuador y confirmar la apertura o cierre de la compuerta.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 38 *Conexionado General*



Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.10 Cálculo del sistema eléctrico por Bocatoma

En vista de que ninguna de las bocatomas involucradas cuenta con algún tipo de instalación eléctrica, se da el propósito de desarrollar los siguientes cálculos para la demanda prevista en cada uno de los puntos, los cuales contienen la demanda por cada punto, y potencias previstas para la instalación de todo el sistema de alimentación.

Los puntos están proyectados para una demanda máxima de kW. El sistema de operación es en Baja Tensión de acuerdo al sistema propuesto.

En baja Tensión, la tensión de servicio será 220VAC monofásico, suministrada por el sistema fotovoltaico el cual se desarrolla a detalle más adelante.

Anteriormente en el inciso 4.4 y 4.4.1 hay un máximo de operaciones lo cual hace que el factor de demanda de cada sistema varie según la prioridad de los usuarios, este factor varía entre 0.5 y 1 para los equipos electrónicos ya que estas cargas no operan al 100%, a diferencia de los actuadores de velocidad variable, cargas que demandan el 100% de su capacidad para realizar una operación.

CUADRO DE CARGAS EN TABLERO DE CONTROL DE BOC 1

El Suministro eléctrico será monofásico y además se integra en este tablero la alimentación de la iluminación y tomacorriente.

En la tabla 19 se muestra el cuadro de las cargas instaladas en el tablero de control TC: BOC1, además contará con un interruptor general de 2 polos, 16 amperios.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 19
Cuadro de cargas bocatoma 1

CUADRO DE CARGAS TABLERO DE CONTROL TC: BOC 1						
Circuito	Tipo de carga	Potencia instalada (W)	Factor de demanda F. D	Demanda máxima (W)	Intensidad (A)	ITM
1	Iluminación	20.00	0.5	10.00	0.10	2x2 A
2	Tomacorriente	80.00	0.5	40.00	0.36	2x10 A
3	PLC, Fuente, M. señal, LT	74.50	0.5	37.25	0.33	2x6 A
4	Radio Modem	7.50	0.5	3.75	0.31	
5	Convertidor	3.50	0.5	1.75	0.15	
6	Fuente R. Modem	7.50	0.5	3.75	0.03	2x1 A
7	Motor+VF	1,500.00	1	1,500.00	6.82	2x10 A
8	Switch	30.00	0.5	15.00	1.25	
TOTAL		1,723		1,611.5	9.35	

Fuente: Elaboración propia

CUADRO DE CARGAS EN TABLERO DE CONTROL DE BOC 2

El Suministro eléctrico será monofásico y además se integra en este tablero la alimentación de la iluminación y tomacorriente.

En la tabla 20 se muestra cuadro de las cargas instaladas en el tablero de control TC, además contara con un interruptor general de 2 polos, 16 amperios.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 20
Cuadro de cargas bocatoma 2

CUADRO DE CARGAS TABLERO DE CONTROL TC: BOC 2						
Circuito	Tipo de carga	Potencia instalada (W)	Factor de demanda F. D	Demanda máxima (W)	Intensidad (A)	ITM
1	Iluminación	20.00	0.5	10.00	0.10	2x2 A
2	Tomacorriente	80.00	0.5	40.00	0.36	2x10 A
3	PLC, Fuente, M. señal, LT	74.50	0.5	37.25	0.33	2x6 A
4	Fuente R. Modem	7.50	0.5	3.75	0.03	2x1 A
5	Radio Modem	7.50	0.5	3.75	0.31	
6	Convertidor	3.50	0.5	1.75	0.15	2x1 A
7	Motor+VF	1,500.00	1	1,500.00	7.18	2x10 A
8	Switch	30.00	0.5	15.00	1.25	
TOTAL		1,723		1,611.5	9.35	

Fuente: Elaboración propia

CUADRO DE CARGAS EN TABLERO DE CONTROL DE BOC 3

El Suministro eléctrico será monofásico y además se integra en este tablero la alimentación de la iluminación y tomacorriente.

En la tabla 21 se muestra cuadro de las cargas instaladas en el tablero de control TC, además contara con un interruptor general de 2 polos, 20 amperios.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 21
Cuadro de cargas bocatoma 3

CUADRO DE CARGAS TABLERO DE CONTROL TC: BOC 3						
Circuito	Tipo de carga	Potencia instalada (W)	Factor de demanda F. D	Demanda máxima (W)	Intensidad (A)	ITM
1	Iluminación	20.00	0.5	10.00	0.10	2x2 A
2	Tomacorriente	80.00	0.5	40.00	0.36	2x10 A
3	PLC, Fuente, M. señal, LT	74.50	0.5	37.25	0.33	2x6 A
4	Fuente R. Modem	7.50	0.5	3.75	0.03	2x1 A
5	Convertidor	3.50	0.5	1.75	0.15	2x1 A
6	Radio Modem	7.50	0.5	3.75	0.31	
7	Motor+VF1	1,100.00	1	1,100.00	5.36	2x10 A
8	Motor+VF2	1,100.00	1	1,100.00	5.36	2x10 A
9	Switch	30.00	0.5	15.00	1.25	
TOTAL		2,423		2,311.5	12.54	

Fuente: Elaboración propia

CUADRO DE CARGAS EN TABLERO DE CONTROL DE BOC 4

El Suministro eléctrico será monofásico y además se integra en este tablero la alimentación de la iluminación y tomacorriente.

En la tabla 22 se muestra cuadro de las cargas instaladas en el tablero de control TC, además contara con un interruptor general de 2 polos, 40 amperios.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 22
Cuadro de cargas bocatoma 4

CUADRO DE CARGAS TABLERO DE CONTROL TC: BOC 4						
Circuito	Tipo de carga	Potencia instalada (W)	Factor de demanda F. D	Demanda máxima (W)	Intensidad (A)	ITM
1	Iluminación	20.00	0.5	10.00	0.10	2x2 A
2	Tomacorriente	80.00	0.5	40.00	0.36	2x10 A
3	PLC, Fuente, M. señal, LT	74.50	0.5	37.25	0.33	2x6 A
4	Fuente R. Modem	7.50	0.5	3.75	0.03	2x1 A
5	Convertidor	3.50	0.5	1.75	0.15	2x1 A
6	Radio Modem	7.50	0.5	3.75	0.31	
7	Motor+VF1	2,200.00	1	2,200.00	10.00	2x16 A
8	Motor+VF2	1,500.00	1	1,500.00	6.82	2x10 A
9	Motor+VF3	1,500.00	1	1,500.00	6.82	2x10 A
10	Motor+VF4	1,500.00	1	1,500.00	6.82	2x10 A
11	Switch	30.00	0.5	15.00	1.25	
TOTAL		6,923		6,811.5	32.99	

Fuente: Elaboración propia

CUADRO DE CARGAS EN TABLERO DE CONTROL DE BOC 5

El Suministro eléctrico será monofásico y además se integra en este tablero la alimentación de la iluminación y tomacorriente.

En la tabla 23 se muestra cuadro de las cargas instaladas en el tablero de control TC, además contara con un interruptor general de 2 polos, 20 amperios.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 23
Cuadro de cargas bocatoma 5

CUADRO DE CARGAS TABLERO DE CONTROL TC: BOC 5						
Circuito	Tipo de carga	Potencia instalada (W)	Factor de demanda F. D	Demanda máxima (W)	Intensidad (A)	ITM
1	Iluminación	20.00	0.5	10.00	0.10	2x2 A
2	Tomacorriente	80.00	0.5	40.00	0.36	2x10 A
3	PLC, Fuente, M. señal, LT	74.50	0.5	37.25	0.33	2x6 A
4	Fuente R. Modem	7.50	0.5	3.75	0.03	2x1 A
5	Radio Modem	7.50	0.5	3.75	0.31	
6	Convertidor	3.50	0.5	1.75	0.15	2x1A
7	Switch	30.0	0.5	15.00	1.25	
8	Motor+VF1	2,200.00	1	2,200.00	10.00	2x16 A
9	Motor+VF2	1,100.00	1	1,100.00	5.00	2x10 A
TOTAL		3,523		3,411.5	17.54	

Fuente: Elaboración propia

4.11 Diseño del sistema de alimentación Fotovoltaica

CALCULO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

El desarrollo de los cálculos, como mencionamos en el inciso 4.6 tienen además la finalidad de contar con las especificaciones necesarias y descripción de características técnicas de los equipos adecuados para el proyecto.

El sistema fotovoltaico, tiene la función de generar energía eléctrica a partir de módulos solares (fotovoltaicos), Trejo Pacheco (2019) menciona que la energía eléctrica producida es aprovechada de manera inmediata y en simultaneo almacenada, de tal forma que la energía producida por el sistema fotovoltaico se aprovecha como energía consumida por la carga.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

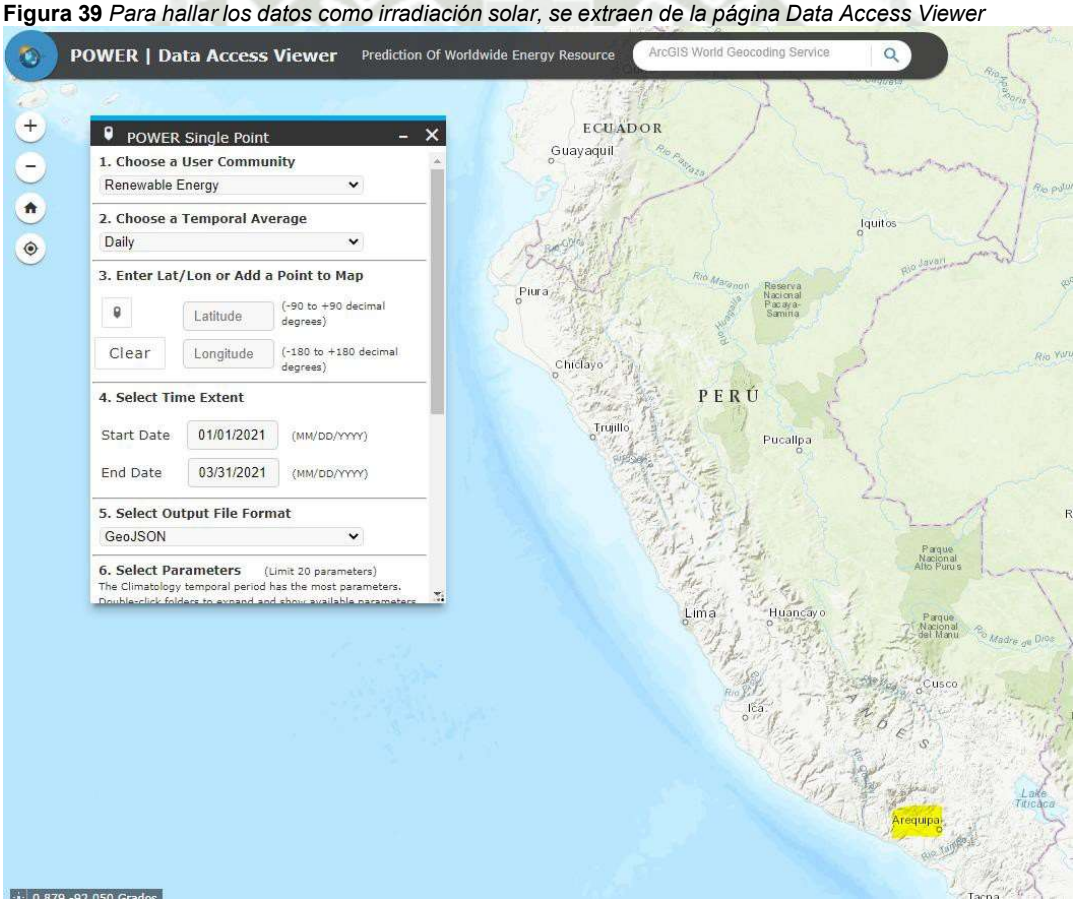
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Teniendo en cuenta que los sistemas fotovoltaicos tienen como principal recurso de operación la irradiación Solar y aspectos de geometría solar, se analizara los datos más importantes de dichos recursos, como el promedio mensual de la irradiación, Global Horizontal diaria (GHId) y la declinación magnética para poder tener la irradiación solar con la inclinación y dirección dada (similar a hora sol pico (HSP)) en cada mes, con lo cual se calcula la producción de energía Fotovoltaica. Además, trataremos las bases de datos más usadas entre las cuales son GIS, Meteonorm, IDEAM y NASA SSE o su última actualización Predicción de Recursos Energéticos Mundiales (P.O.W.E.R.)

La figura 39 muestra los datos de la página de la NASA para hallar la irradiación solar.

Figura 39 *Para hallar los datos como irradiación solar, se extraen de la página Data Access Viewer*



Fuente: (NASA, s.f.)

Para realizar los cálculos del sistema Fotovoltaico, es necesario contar con valores como la irradiación solar por eso es que se ha descargado los valores de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

la web (NASA, s.f.) “Data Access Viewer”, para la ciudad de Arequipa, Locación: Latitud: -16.3935, Longitud: -71.5391, valores que se muestran en la figura 40.

Figura 40 *Irradiación Solar inclinada hacia el ecuador*

-BEGIN HEADER-
NASA/POWER SRB/FLASHFlux/MERRA2/ 0.5 x 0.5 Degree Climatologies
22-year Additional Solar Parameter Monthly & Annual Climatologies (July 1983 - June 2005), 30-year Meteorological and Solar Monthly & Annual Climatologies (January 1984
Location: Latitude -16.3935 Longitude -71.5391
Elevation from MERRA-2: Average for 1/2x1/2 degree lat/lon region = 2840.39 meters Site = na
Climate zone: na (reference Briggs et al: http://www.energycodes.gov)
Value for missing model data cannot be computed or out of model availability range: -999
Parameter(s):

SI_EF_OPTIMAL_ANG	SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Solar Irradiance Optimal Angle (Degrees)
SI_EF_TILTED_SURFACE_LATITUDE	SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Solar Irradiance for Equator Facing Latitude Tilt (kW-hr/m^2/day)
SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_PLUS15	SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Solar Irradiance for Equator Facing Latitude Plus 15 Tilt (kW-hr/m^2/day)
SI_EF_TILTED_SURFACE_HORIZONTAL	SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Solar Irradiance for Equator Facing Horizontal Surface (kW-hr/m^2/day)
SI_EF_OPTIMAL	SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Solar Irradiance Optimal (kW-hr/m^2/day)
SI_EF_TRACKER	SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Solar Irradiance Irradiance Tracking the Sun (kW-hr/m^2/day)
SI_EF_OPTIMAL_ANG_ORT	SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Solar Irradiance Tilted Surface Orientation (N/S Orientation)
SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_MINUS15	SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Solar Irradiance for Equator Facing Latitude Minus 15 Tilt (kW-hr/m^2/day)
SI_EF_TILTED_SURFACE_VERTICAL	SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Solar Irradiance for Equator Facing Vertical Surface (kW-hr/m^2/day)

Note(s):
Northward facing tilted surfaces are designated negative (-)

PARAMETER	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
-END HEADER-													
SI_EF_TILTED_SURFACE_HORIZONTAL	6.42	5.94	6.04	5.48	4.86	4.46	4.63	5.18	5.93	6.62	6.95	6.88	5.78
SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_MINUS15	6.39	5.94	6.07	5.53	4.94	4.55	4.71	5.25	5.96	6.63	6.93	6.85	5.81
SI_EF_TILTED_SURFACE_LATITUDE	6.00	5.75	6.13	5.93	5.60	5.30	5.42	5.75	6.17	6.50	6.52	6.33	5.95
SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_PLUS15	5.31	5.29	5.89	6.01	5.95	5.77	5.84	5.94	6.05	6.03	5.79	5.52	5.78
SI_EF_TILTED_SURFACE_VERTICAL	1.83	1.87	2.55	3.51	4.26	4.51	4.40	3.82	2.99	2.02	1.76	1.81	2.94
SI_EF_OPTIMAL	6.49	5.94	6.15	6.02	6.00	5.91	5.93	5.94	6.17	6.63	7.00	7.01	6.27
SI_EF_OPTIMAL_ANG	-10.00	-1.00	12.00	27.50	40.00	45.50	43.00	33.00	18.50	3.00	-8.50	-13.00	16.00
SI_EF_OPTIMAL_ANG_ORT	S	S	N	N	N	N	N	N	N	N	S	S	N
SI_EF_TRACKER	7.65	7.07	7.60	7.51	7.41	7.21	7.28	7.39	7.75	8.22	8.47	8.36	7.66

Fuente: (NASA, s.f.)

De los datos obtenidos en la Figura 40, tenemos los siguientes valores:

- Angulo de inclinación de paneles con mayor Irradiación: 16°
- Irradiación solar para superficies inclinadas orientadas hacia el ecuador (kW-hr/m^2/día). Locación: Latitud -16.3935 Longitud -71.5391

La tabla 25 indica un resumen de la radiación previamente analizada.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 24
Resumen de la Radiación Mensual

MES	RAD.h
Enero	6.00
Febrero	5.75
Marzo	6.13
Abril	5.93
Mayo	5.60
Junio	5.30
Julio	5.42
Agosto	5.75
Septiembre	6.17
Octubre	6.50
Noviembre	6.52
Diciembre	6.33
Promedio	5.95

Fuente: Elaboración propia

El valor más bajo de irradiación es de 5.30 HPS en el mes de junio. De acuerdo a la página de la NASA el valor promedio es de: 5.95(Kw-hr/m^2/day).

En las siguientes tablas se muestra el consumo de las cargas instaladas en los diferentes tableros de control “TC”. Se ha considerado un factor de demanda de 0.5 para los equipos electrónicos, pues si bien el sistema funcionara durante todo el día, estas cargas no operan al 100%, la tabla 25 indica el consumo de cargas en la bocatoma 1.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 25

Consumo de cargas en la bocatoma 1

CUADRO DE CARGAS Y SISTEMA FOTOVOLTAICO: BOC 1									
N°	Tipo de Carga	Potencia Instalada (W)	Factor de Demanda F. D	Demanda Máxima (W)	Intensidad (A)	Tiempo de Operación (s)	Nro. Operaciones (día)	Horas Funcionamiento día (h)	Total, energía necesaria (Wh/DIA)
1	T. Distribución	100.00	0.5	50.00	0.23			2.00	100.00
2	Motor + VF	1,500.00	1	1,500.00	6.8	176.2	12	0.587	881.00
3	PLC	12.00	0.5	6	0.25			24	144.00
4	Fuente PLC	60.0	0.5	30.00	2.5			24	720.00
5	Radio modem	7.50	0.5	3.75	0.16			24	90.00
6	Sensor de Nivel	1.00	0.5	0.50	0.02			24	12.00
7	Convertidor	3.5	0.5	1.75	0.07			24	42.00
8	Switch	30.0	0.5	15.00	0.63			24	360.00
9	M. Señal	1.5	0.5	0.75				24	18.00
10	Fuente Radio Modem	7.5	0.5	3.75				24	90.00
		1,723.00	Parcial:	1,611.5	10.67				2,457.00
		Consumo medio de energía diario de las cargas en AC + Reserva 20%							**2,948.40**

Fuente: Elaboración propia

Se ha considerado banco de baterías pues el sistema a instalarse es un sistema inversor que se conecta directamente los paneles y al banco de baterías para brindar respaldo y energía continua a los equipos.

Para el cálculo se estima la máxima demanda mostrada en la tabla 25, con una reserva de 20%, por lo que tendremos una energía consumida por día de 2,948.40 Wh

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para todas las bocatomas se usan los datos obtenidos en la figura 40, tenemos los siguientes valores:

- Angulo de inclinación de paneles con mayor Irradiación: 16°
- Irradiación inclinada hacia el ecuador: 5.95 kW-hr/m^2/day.
- Valor más bajo de Irradiación: 5.30 HPS

En la tabla 26 se indica el consumo de cargas por día de la bocatoma 2.

Tabla 26
Consumo de cargas en la bocatoma 2

CUADRO DE CARGAS Y SISTEMA FOTOVOLTAICO: BOC 2									
N°	Tipo de carga	Potencia Instalada (w)	Factor de Demanda F. D	Demanda Máxima (w)	Intensidad (a)	Tiempo de Operación (s)	Nro. Operaciones (día)	Horas Funcionamiento día (h)	Total, de Energía Necesaria (Wh/DIA)
1	T. Distribución	100.00	0.5	50.00	0.23			2	100.00
2	Motor + VF	1,500.00	1	1,500.00	6.82	94.4	12	0.314	472
3	PLC	12.00	0.5	6.00	0.25			24	144.00
4	Fuente PLC	60.0	0.5	30.00	2.5			24	720.00
5	Radio modem	7.50	0.5	3.75	0.16			24	90.00
6	Sensor de Nivel	1.00	0.5	0.50	0.02			24	12.00
7	Convertidor	3.50	0.5	1.75	0.07			24	42.00
8	switch	30.0	0.5	15.00	0.63			24	360.00
9	M. Señal	1.5	0.5	0.75				24	18.00
10	Fuente Radio Modem	7.5	0.5	3.75				24	90.00
		1,723.00	Parcial	1,611.50	10.67				2,048.00
		Consumo medio de energía diario de las cargas en AC + Reserva 20%							**2,457.60**

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para el cálculo se estima la máxima demanda mostrada en la tabla 26, con una reserva de 20%, por lo que tendremos una energía consumida por día de 2,457.60 Wh.

La tabla 27 muestra el consumo de cargas por día de la bocatoma 3.

Tabla 27
Consumo de cargas en la Bocatoma 3

CUADRO DE CARGAS Y SISTEMA FOTOVOLTAICO: BOC 3									
N°	Tipo de carga	Potencia Instalada (w)	Factor de Demanda F. D	Demanda Máxima (w)	Intensidad (a)	Tiempo de Operación (s)	Nro. Operaciones (día)	Horas Funcionamiento día (h)	Total, de energía necesaria (Wh/DIA)
1	T. Distribución	100.00	0.5	50.00	0.25			2	100.00
2	Motor1 + VF	1,100.00	1	1,100.00	7.60	57.9	12	0.193	212.30
3	Motor2 + VF	1,100.00	1	1,100.00	7.60	57.9	12	0.193	212.30
4	PLC	12.00	0.5	6.00	0.25			24	144.00
5	fuente PLC	60.0	0.5	30.00	2.5			24	720.00
6	Radio modem	7.50	0.5	3.75	0.16			24	90.00
7	Sensor de Nivel	1.00	0.5	0.50	0.02			24	12.00
8	Convertidor	3.5	0.5	1.75	0.07			24	42.00
9	switch	30.0	0.5	15.00	0.63			24	360.00
10	M. Señal	1.5	0.5	0.75				24	18.00
11	Fuente Radio Modem	7.5	0.5	3.75				24	90.00
		2,423.00	Parcial:	2,311.50	13.85				2,000.60
		Consumo medio de energía diario de las cargas en AC + Reserva 20%							**2,400.72**

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

De la tabla 27 vemos la demanda de consumo estimado de energía por día, considerando una reserva del 20% es de 2,400.72 Wh.

La tabla 28 muestra el consumo de cargas por día de la bocatoma 4.

Tabla 28

Consumo de cargas en la bocatoma 4

CUADRO DE CARGAS Y SISTEMA FOTOVOLTAICO: BOC 4									
N°	Tipo de carga	Potencia Instalada (w)	Factor de Demanda F. D	Demanda Máxima (w)	Intensidad (a)	Tiempo de Operación (s)	Nro. Operaciones (día)	Horas de Funcionamiento día (h)	Total, de energía necesaria (Wh/ DIA)
1	T. Distribución	100.00	0.5	50.00	0.23			2	100.00
2	Motor1 + VF	2,200.00	1	2,200.00	10.00	220.2	12	0.734	1,614.80
3	Motor2 + VF	1,500.00	1	1,500.00	6.82	94.4	12	0.314	472.00
4	Motor3 + VF	1,500.00	1	1,500.00	6.82	94.4	12	0.314	472.00
5	Motor4 + VF	1,500.00	1	1,500.00	6.82	94.4	12	0.314	472.00
6	PLC	12.00	0.5	6.00	0.25			24	144.00
	fuente PLC	60.0	0.5	30.00	2.5			24	720.00
7	Radio modem	7.50	0.5	3.75	0.16			24	90.00
8	Sensor de Nivel	1.00	0.5	0.50	0.02			24	12.00
9	Convertidor	3.5	0.5	1.75	0.07			24	42.00
10	Switch	30.0	0.5	15.00	0.63			24	360.00
11	M. Señal	1.5	0.5	0.75				24	18.00
12	Fuente Radio Modem	7.5	0.5	3.75				24	90.00
		6,923.00	Parcial:	6,792.00	34.31				4,606.80
		Consumo medio de energía diario de las cargas en AC + Reserva 20%							**5,528.16**

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para el cálculo se estima la máxima demanda mostrada en la tabla 28, con una reserva de 20%, por lo que tendremos una energía consumida por día de 5,528.16 Wh.

En la tabla 29 se indica el consumo de cargas por día de la bocatoma 5.

Tabla 29
Consumo de cargas en la bocatoma 5

CUADRO DE CARGAS SISTEMA FOTOVOLTAICO (T-FV): BOC 5									
N°	Tipo de carga	Potencia Instalada (w)	Factor de Demanda F. D	Demanda Máxima (w)	Intensidad (a)	Tiempo de Operación (s)	Nro. Operaciones (día)	Horas Funcionamiento Día (h)	Total, de Energía Necesaria (Wh/DIA)
1	T. Distribución	100.00	0.5	50.00	0.25			2	100.00
2	Motor 1+ VF	2,200.00	1	2,200.00	13.00	134.9	12	0.450	990.00
3	Motor2 + VF	1,100.00	1	1,100.00	7.60	105.6	12	0.352	387.20
4	PLC	12.00	0.5	6.00	0.25			24	144.00
5	fuente PLC	60.0	0.5	30.00	2.5			24	720.00
6	Radio modem	7.50	0.5	3.75	0.16			24	90.00
7	Sensor de Nivel	1.00	0.5	0.50	0.02			24	12.00
8	Convertidor	3.5	0.5	1.75	0.07			24	42.00
9	Switch	30.0	0.5	15.00	0.63			24	360.00
10	M. Señal	1.5	0.5	0.75				24	18.00
11	Fuente Radio Modem	7.5	0.5	3.75				24	90.00
		3,523.00	Parcial:	3,411.50	18.85				2,989.20
		Consumo medio de energía diario de las cargas en AC + Reserva 20%							**3,587.04**

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo se estima la máxima demanda mostrada en la tabla 29, con una reserva de 20%, por lo que tendremos un consumo de energía por día de 3,587.04 Wh.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.11.1 Calculo de Inversor, paneles y baterías

Los siguientes datos técnicos de los equipos descritos a continuación y los usados para el cálculo, son datos estándar y/o generales de los equipos que se usan mayormente para estas tareas, tanto paneles como baterías serán los mismos en todos los puntos, por lo que las características no variaran, caso contrario pasará en los inversores ya que los puntos son de diferentes potencias, pero se pueden estandarizar según los encontrados en el mercado.

BOCATOMA 1

Del inciso 4.11 en la tabla 25 cuadro de cargas de la bocatoma 1, la energía consumida por día será de 2948.4 W, por lo que un Inversor de más de 3kW puede abastecer el punto, a modo de estandarizar un inversor para los puntos con potencias similares siguiendo el cuadro de cargas del inciso 4.11 y según el estudio de mercado consideraremos equipos de 3.5kW y 5kW. La tabla 30 indica las características generales de los equipos encontrados en el mercado.

Tabla 30

Características generales de los equipos para el sistema fotovoltaico bocatoma 1

Características de los Paneles:		
Condiciones de prueba	**STC**	**NOCT**
Potencia máxima (Pmax/W)	450.00	336.10
Tensión en circuito abierto (V)	49.30	46.20
Corriente máxima (A)	11.60	9.38
Factor de eficiencia del panel (%)	0.20	
Tecnología de Cedula partida con 120 cedulas		
Características de un Inversor de 3.5kW:		
Potencia nominal (W)	3500	
Voltaje de batería	48 VDC	
Regulación de voltaje AC (modo batería)	230 VAC ± 5%	
Rango de voltaje de operación MPPT (VDC)	120-430	
Eficiencia	90%	
Valor de potencia máxima PV en circuito abierto (VDC)	450	
Corriente máxima de carga solar (A)	80	

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Con estos datos calculamos la cantidad de los paneles solares requeridos para la máxima demanda del tablero de control:

Horas pico de sol (HPS)	5.30
Potencia pico de paneles (W)	450
Potencia nominal de paneles NOCT (W)	336.1
Coeficiente de rendimiento	20%

Según el manual (Alonso Lorenzo, s.f.), "cálculo de instalaciones fotovoltaicas" de la empresa que distribuye material y productos fotovoltaicos SunFields EUROPE, la fórmula utilizada para calcular la cantidad de paneles solares es:

$$Nt = Lmdcrit / (Pmpp \times HPS \times PR)$$

- **L_{mdcrit}** el consumo de energía durante un día, de acuerdo a la máxima demanda.
- **P_{MPP}** la potencia pico del panel, en nuestro caso 336W.
- **HPS_{crit}** son las horas de sol pico del mes crítico tomado de la página de la NASA para Radiaciones en el Perú, tomamos el valor más bajo 5.30 kW-hr/m^2/day.
- **PR** el factor de rendimiento del equipo inversor es 100%-20%=80%. Estos equipos suelen trabajar hasta 2000 m.s.n.m, por eso se considera un derrateo en el rendimiento de un 10% más, según sus características.

$$Nt = 2948.4 / (336.1*5.30*80\%)$$

$$Nt = 2.04$$

El resultado da 2 Paneles que serán instalados en la bocatoma. Ahora diseñamos el arreglo en serie, ya que para para configuraciones con paneles de capacidad mayor a 200 W, tensiones entre 24 VDC a 48 VDC y compuestos por más de 60 cedulas, la conexión se realiza en serie, la suma del voltaje de los paneles en serie tiene que estar dentro del rango de operación del cargador solar, en nuestro caso entre 120 y 430, así tenemos:

Paneles en serie	2
VNOCT	46.20 V
VNOCT Total	184.8 V
Vmax (factor de corrección=0.86)	158.92 V
INOCT	9.38 A
Imax (factor de corrección=0.97)	9.09 A

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cada 60 cedulas equivale a 46.20 VDC, ya que la tecnología usada es de cedula partida con un total de 120 cedulas en cada panel, se multiplica 46.20 por 4 y el resultado de 184.4 VDC se encuentra dentro del rango de operación del cargador solar.

El estándar ANSI C37.20.2-1986 dentro de su cláusula 8.1.3; para condiciones inusuales como la altitud, recomienda el uso de factores de corrección para el voltaje y corriente, dados 0.86 y 0.97 respectivamente, por lo que, de acuerdo al cálculo anterior, estamos dentro de los márgenes permitidos.

Cabe resaltar que para las demás bocatomas se tendrá presente la misma fórmula y procedimiento de cálculo.

BOCATOMA 2

Del inciso 4.11 en la tabla 26 cuadro de cargas de la bocatoma 2, sabemos que la energía consumida por día será 2457.60 W por lo que un Inversor de 3500 W puede abastecer este punto sin problema alguno, consideramos la tabla 31 con las características de los equipos estandarizados.

Con estos datos calculamos la cantidad de los paneles solares requeridos para la máxima demanda del tablero de control:

Horas pico de sol (HPS)	5.30
Potencia pico de paneles (W)	450
Potencia nominal de paneles NOCT (W)	336.1
Coeficiente de rendimiento	20%

Se utiliza la misma fórmula para el cálculo de paneles:

$$Nt = Lmdcrit / (Pmpp \times HPS \times PR)$$

$$Nt = 2457.60 / (336.1*5.30*80\%)$$

$$Nt = 1.73 = 2$$

El resultado nos da 2 Paneles que serán instalados en la bocatoma, así tenemos:

Paneles en serie	2
VNOCT	46.20 V

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

VNOCT Total	184.8 V
Vmax (factor de corrección=0.86)	158.92 V
INOCT	9.38 A
Imax (factor de corrección=0.97)	9.09 A

Cada 60 cedulas equivale a 46.20 VDC, ya que la tecnología usada es de cedula partida con un total de 120 cedulas en cada panel, se multiplica 46.20 por 4 y el resultado de 184.8 VDC se encuentra dentro del rango de operación del cargador solar.

BOCATOMA 3

Del inciso 4.11 en la tabla 27 cuadro de cargas de la bocatoma 3, sabemos que la energía consumida por día será 2400.72 W por lo que un Inversor de 3500 W puede abastecer este punto, consideramos la tabla 31 con las características de los equipos estandarizados.

Con estos datos calculamos la cantidad de los paneles solares requeridos para la máxima demanda del tablero de control:

Horas pico de sol (HPS)	5.30
Potencia pico de paneles (W)	450
Potencia nominal de paneles NOCT (W)	336.1
Coeficiente de rendimiento	20%

La fórmula utilizada para calcular la cantidad de paneles solares es:

$$Nt = Lmdcrit / (Pmpp \times HPS \times PR)$$

$$Nt = 2400.72 / (336.1*5.30*80\%)$$

$$Nt = 1.69 = 2$$

El resultado nos da 2 Paneles que serán instalados en la bocatoma, así tenemos:

Paneles en serie	2
VNOCT	46.20 V
VNOCT Total	184.8 V
Vmax (factor de corrección=0.86)	158.92 V
INOCT	9.38 A

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Imax (factor de corrección=0.97)	9.09 A

Cada 60 cedulas equivale a 46.20 VDC, ya que la tecnología usada es de cedula partida con un total de 120 cedulas en cada panel, se multiplica 46.20 por 4 y el resultado de 184.8 VDC se encuentra dentro del rango de operación del cargador solar.

BOCATOMA 4

Del inciso 4.11 en la tabla 28 cuadro de cargas de la bocatoma 4, sabemos que la energía consumida por día será 5528.16 W.

En vista de que la potencia requerida en este punto excede la capacidad normal de un inversor de 3.5kW, se van a utilizar 2 inversores de esta capacidad, pudiendo así suministrar la potencia requerida.

Con estos datos calculamos la cantidad de los paneles solares requeridos para la máxima demanda del tablero de control:

Horas pico de sol (HPS)	5.30
Potencia pico de paneles (W)	450
Potencia nominal de paneles NOCT (W)	336.1
Coeficiente de rendimiento	20%

La fórmula utilizada para calcular la cantidad de paneles solares es:

$$Nt = Lmdcrit / (Pmpp \times HPS \times PR)$$

$$Nt = 5528.16 / (336.1*5.30*80\%)$$

$$Nt = 3.88 = 4$$

El resultado nos da 4 Paneles que serán instalados en la bocatoma, así tenemos:

Paneles en serie	4
VNOCT	46.20 V
VNOCT Total	369.6 V
Vmax (factor de corrección=0.86)	317.85 V
INOCT	9.38 A
Imax (factor de corrección=0.97)	9.09 A

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cada 60 cedulas equivale a 46.20 VDC, ya que la tecnología usada es de cedula partida con un total de 120 cedulas en cada panel, se multiplica 46.20 por 8 y el resultado de 317.85 VDC se encuentra dentro del rango de operación del cargador solar.

BOCATOMA 5

Del inciso 4.11 en la tabla 29 cuadro de cargas de la bocatoma 4, sabemos que la energía consumida por día será 3587.04 W.

En vista de que la potencia requerida en este punto excede la capacidad normal de un inversor de 3.5kW, se va a utilizar 1 inversor de 5kW, pudiendo así suministrar la potencia requerida, la tabla 31 indica las características generales de los equipos encontrados en el mercado.

Tabla 31
Características generales de los equipos para el sistema fotovoltaico bocatoma 5

Características de los Paneles a instalar:		
Condiciones de prueba	**STC**	**NOCT**
Potencia máxima (Pmax/W)	450.00	336.10
Tensión en circuito abierto (V)	49.30	46.20
Corriente máxima (A)	11.60	9.38
Factor de eficiencia del panel (%)	0.20	
Tecnología de Cedula partida con 120 cedulas		
Características de carga solar del Inversor:		
Cargador solar		
Valor de potencia máxima en conjunto PV (W)	6000	
Voltaje de batería	48 VDC	
Regulación de voltaje AC (modo batería)	230 VAC ± 5%	
Rango de voltaje de operación MPPT (VDC)	120-430	
Eficiencia	90%	
Valor de potencia máxima PV en circuito abierto (VDC)	450	
Corriente máxima de carga solar (A)	100	

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Con estos datos calculamos la cantidad de los paneles solares requeridos para la máxima demanda del tablero de control:

Horas pico de sol (HPS)	5.30
Potencia pico de paneles (W)	450
Potencia nominal de paneles NOCT (W)	336.1
Coeficiente de rendimiento	20%

La fórmula utilizada para calcular la cantidad de paneles solares es:

$$Nt = Lmdcrit / (Pmpp \times HPS \times PR)$$

$$Nt = 3587.04 / (336.1*5.30*80\%)$$

$$Nt = 2.52 = 3$$

El resultado nos da 3 Paneles que serán instalados en la bocatoma, así tenemos:

Paneles en serie	3
VNOCT	46.20 V
VNOCT Total	277.2 V
Vmax (factor de corrección=0.86)	238.39 V
INOCT	9.38 A
Imax (factor de corrección=0.97)	9.09 A

Cada 60 cedulas equivale a 46.20 VDC, ya que la tecnología usada es de cedula partida con un total de 120 cedulas en cada panel, se multiplica 46.20 por 6 y el resultado de 277.2 VDC se encuentra dentro del rango de operación del cargador solar.

CALCULO DE LA CAPACIDAD DE LAS BATERÍAS.

Las baterías para energía solar o acumuladores son los encargados del almacenamiento energético, para poder suministrar energía independientemente de la producción eléctrica del generador fotovoltaico por la noche o en días nublados.

Se define la capacidad de una batería como la cantidad de electricidad que puede obtenerse durante una descarga completa de la batería plenamente llena.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Esta capacidad se mide en Amperios/hora (Ah), para un determinado tiempo de descarga.

Las características de los acumuladores para nuestro calculo son los indicados en la tabla 32.

Tabla 32
Características generales de la batería

DATOS DE LA BATERIA	
Capacidad normal (kWh)	3.3
Voltaje nominal (V)	51.2
Profundidad de descarga	93%
Voltaje de baterías (VDC)	48
Tipo de baterías	Lito/plomo-acido

Fuente: Elaboración propia

Para tener la capacidad de carga (Ah) de las baterías, y siendo el factor por el cual hallaremos la cantidad a utilizarse en cada bocatoma según el artículo (Area Tecnologia, s.f.) se realiza la siguiente operación:

$$\text{Capacidad de Carga (Ah)} = \text{Capacidad normal} / \text{Voltaje nominal}$$

$$\text{Capacidad de Carga} = 3300 / 51.2 = 64.45 \text{ (Ah)}$$

Ya que el sistema en cada punto no trabajará las 24hrs y solo se utilizará en caso de emergencias, consideramos un valor menor a la unidad el cual representa la autonomía necesaria.

Con estos datos calculamos la cantidad de los acumuladores requeridos para la Máxima demanda de energía en cada bocatoma.

BOCATOMA 1

CALCULO DEL NUMERO DE BATERIAS	
Total, de energía necesaria (Wh/DIA)	2,948.40
Días de autonomía	0.8
Profundidad de descarga de baterías	93%
Voltaje de operación	48 V

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Perdidas temperatura/rendimiento	0.15

Según el artículo (Area Tecnologia, s.f.), “Dimensionado de Instalaciones Fotovoltaicas” para hallar la capacidad y el número de baterías se hace la siguiente operación:

$$\text{\# De Baterías} = \frac{(\text{Energía necesaria} * \text{días de autonomía}) * (1 + \text{perdida Temp})}{\text{Profundidad descarga batería} * \text{Voltaje de operación batería}}$$

$$\text{\# De Baterías} = \frac{(2948.40 * 0.8) * (1 + 0.15)}{(0.93 * 48)}$$

$$\text{\# De Baterías} = 60.76 \text{ (Ah)}$$

Habiendo visto que la capacidad de carga calculada no excede a la capacidad de carga de la batería, se concluye que el máximo número de baterías a instalar será solo 1. Cabe resaltar que para las demás bocatomas se tendrá presente la misma fórmula y procedimiento de cálculo.

BOCATOMA 2

Ya que contamos con la capacidad de carga de las baterías, no es necesario volver a hacer el cálculo ya que este valor se utilizará para hallar las diferentes cantidades en todas las bocatomas.

CALCULO DEL NUMERO DE BATERIAS

Total, de energía necesaria (Wh/DIA)	2,457.60
Días de autonomía	0.8
Profundidad de descarga de baterías	93%
Tensión de entrada p/batería inversor	48 V
Perdidas temperatura/rendimiento	0.15

$$\text{\# De Baterías} = \frac{(\text{Energía necesaria} * \text{días de autonomía}) * (1 + \text{perdida Temp})}{\text{Profundidad descarga batería} * \text{Voltaje de operación batería}}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$\text{\# De Baterías} = \frac{(2457.60 * 0.8) * (1 + 0.15)}{(0.93 * 48)}$$

\# De Baterías = 50.65 (Ah)

En vista de que la capacidad de carga calculada no excede a la capacidad de carga de la batería, se concluye que el Máximo Número de Baterías a instalar será solo 1.

BOCATOMA 3

Siguiendo el mismo procedimiento para las bocatomas anteriores.

CALCULO DEL NUMERO DE BATERIAS

Total, de energía necesaria (Wh/DIA)	2,400.72
Días de autonomía	0.8
Profundidad de descarga de baterías	93%
Tensión de entrada p/batería inversor	48 V
Perdidas temperatura/rendimiento	0.15

$$\text{\# De Baterías} = \frac{(\text{Energía necesaria} * \text{días de autonomía}) * (1 + \text{perdida Temp})}{\text{Profundidad descarga batería} * \text{Voltaje de operación batería}}$$

$$\text{\# De Baterías} = \frac{(2400.72 * 0.8) * (1 + 0.15)}{(0.93 * 48)}$$

\# De Baterías = 49.47 (Ah)

En vista de que la capacidad de carga calculada no excede a la capacidad de carga de la batería, se concluye que el Máximo Número de Baterías a instalar será solo 1.

BOCATOMA 4

Siguiendo el mismo procedimiento para las bocatomas anteriores.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CALCULO DEL NUMERO DE BATERIAS

Total, de energía necesaria (Wh/DIA)	5528.16
Días de autonomía	0.8
Profundidad de descarga de baterías	93%
Tensión de entrada p/batería inversor	48 V
Perdidas temperatura/rendimiento	0.15

$$\#\ De\ Baterías = \frac{(Energía\ necesaria * días\ de\ autonomía) * (1 + perdida\ Temp)}{Profundidad\ descarga\ batería * Voltaje\ de\ operación\ batería}$$

$$\#\ De\ Baterías = \frac{(5528.16 * 0.8) * (1 + 0.15)}{(0.93 * 48)}$$

$$\#\ De\ Baterías = 113.95\ (Ah)$$

En vista de que la capacidad de carga calculada excede a la capacidad de carga de la batería, se concluye que el número de baterías a instalar serán 2, en un arreglo en paralelo, ya que de esta forma las baterías sumarán su capacidad de carga dando un total de 128.9 Ah con lo que queda abastecida la demanda de 113.95 Ah.

BOCATOMA 5

Siguiendo el mismo procedimiento para las bocatomas anteriores.

CALCULO DEL NUMERO DE BATERIAS

Total, de energía necesaria (Wh/DIA)	3587.04
Días de autonomía	0.8
Profundidad de descarga de baterías	93%
Tensión de entrada p/batería inversor	48 V
Perdidas temperatura/rendimiento	0.15

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$\text{\# De Baterías} = \frac{\text{(Energía necesaria * días de autonomía) * (1 + perdida Temp)}}{\text{Profundidad descarga batería * Voltaje de operación batería}}$$

$$\text{\# De Baterías} = \frac{(3587.04 * 0.8) * (1 + 0.15)}{(0.93 * 48)}$$

$$\text{\# De Baterías} = 73.92 \text{ (Ah)}$$

En vista de que la capacidad de carga calculada excede a la capacidad de carga de la batería, se concluye que el Número de Baterías a instalar serán 2, en un arreglo en paralelo, ya que de esta forma las baterías sumarán su capacidad de carga dando un total de 128.9 Ah con lo que queda abastecida la demanda de 73.92 Ah.

4.11.2 Sistema de protección entre paneles e inversor

Cabe resaltar que, entre la conexión de los paneles y el Inversor, dentro del tablero "T.I" del Inversor debe contar con un equipo, Dispositivo de Protección contra Sobretensiones (DPS), este equipo sirve para la protección contra rayos, así la descarga de estos no llega a afectar a los demás equipos electrónicos y va directo hacia tierra.

En cada bocatoma irá instalado uno de estos equipos para salvaguardar la integridad de los equipos involucrados dentro de los tableros de control y del inversor. Las características mínimas y/o adecuadas sobre este equipo se describen en la tabla 33.

Tabla 33

Protector contra sobretensiones adecuado para cada bocatoma

	Dispositivo de Protección contra Sobretensiones
Valor de tensión Max de Operación (Uc)	500 VDC
Corriente Max de descarga (Imax)	40 A
Corriente de descarga nominal (In)	20 A
Tipo/Cantidad de Polos	2 o 3 / 2P
Valor de Tensión Max instantánea (Up)	0.5-1 KV

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.11.3 Equipos necesarios para el sistema fotovoltaico

Una vez realizado el cálculo en las diferentes bocatomas, se concluye que en las bocatomas 1, 2, 3 y 4 se utilizaran inversores de la misma capacidad, a diferencia de la bocatoma 5, con respecto a los paneles y baterías se utiliza el mismo modelo para cada bocatoma. Vamos a detallar las características de los equipos necesarios en las bocatomas respectivamente. En la tabla 34 se indica el equipo inversor con características mínimas para las bocatomas 1, 2, 3 y 4.

Tabla 34
Inversor adecuado para las bocatomas 1,2,3 y 4

	Inversor Cargador Hibrido de 3.5Kw
Voltaje de Baterías	48 VDC
Tipo de Baterías	Litio
Potencia Nominal	3500VA/ 3500W
Regulación de Voltaje AC (Modo Batería)	230 VAC +- 5% 50/60 Hz
Sobretensión	70000VA
Eficiencia	93%
Forma de la Onda	Onda senoidal
Tiempo de transferencia	10ms típico, 20ms Max.
Corriente de carga solar max.	80 A
Voltaje de operación (Rango MPPT)	120 VDC/430 VDC
Corriente de Carga (AC)	60 A
Voltaje de entrada (AC)	230 VAC
Grado de Protección	IP 20
Dimensiones(W/H/D)	330/485/135 mm
Peso	11.5 Kg
Temperatura de operación	0°C - 55°C

Fuente: Elaboración propia

La tabla 35 indica las características mínimas del panel solar adecuado para todas las bocatomas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 35
Panel Solar adecuado para todas las bocatomas

	Modulo Panel Solar	
	STC (Condiciones de testeo Estándar)	NOCT (Temperatura de operación Nominal de la celda)
Potencia Máxima (W)	450	336.1
Corriente de Corto circuito (A)	11.60	9.38
Voltaje Máximo (V)	41.5	38.6
Corriente Máxima (A)	10.85	8.70
Eficiencia (%)	20.7	20.7
Tecnología	Cédula Partida	
#Celdas	120	
Grado de protección	IP68	
Dimensiones	2094x1038x35mm	

Fuente: Elaboración propia

La tabla 36 indica las características mínimas de las baterías adecuadas para todas las bocatomas.

Tabla 36
Baterías adecuadas para todas las bocatomas

	Acumulador 3.3Kw de Litio
Voltaje Nominal	51.2 V
Capacidad Normal	3.3 KWh
Capacidad Usable	3 KWh
Voltaje de Operación	48-57.6V
Corriente de carga Nominal	32 A
Corriente de descarga Nominal	42.5 A
Potencia Máxima de carga	3Kw
Potencia máxima de descarga	1.5Kw
Dimensiones(W/D/H)	445/131/400mm
Peso	29Kg
Grado de protección	IP 20

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La tabla 37 indica el equipo inversor con características mínimas para la bocatoma 5.

Tabla 37
Inversor adecuado para la bocatoma 5

	Inversor Cargador Hibrido de 5Kw
Voltaje de Baterías	48 VDC
Tipo de Baterías	Litio
Potencia Nominal	5000VA/ 5000W
Regulación de Voltaje AC (Modo Batería)	230 VAC +- 5% 50/60 Hz
Sobretensión	10000VA
Eficiencia	93%
Forma de la Onda	Onda senoidal
Tiempo de transferencia	10ms típico, 20ms Max.
Corriente de carga solar max.	100 A
Voltaje de operación (Rango MPPT)	120 VDC/430 VDC
Corriente de Carga (AC)	80 A
Voltaje de entrada (AC)	230 VAC
Grado de Protección	IP 20
Dimensiones(W/H/D)	330/485/135 mm
Peso	12 Kg
Temperatura de operación	0°C - 55°C

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO V: ANALISIS ECONOMICO DEL PROYECTO

5.1 Costos Fijos

A continuación, la tabla 38 detalla el costo de los equipos esenciales a considerar en la bocatoma 1.

Tabla 38
Costos fijos bocatoma 1

BOCATOMA 1					
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unit. S/.	Total, S/.
1	Compuerta tipo hoja deslizante	1	Und	11293.6	11293.6
2	Actuador de Velocidad Variable	1	Und	15915.31	15915.31
3	Sensor de Nivel	1	Und	2721.94	2721.94
4	Controlador lógico programable	1	Und	1164.66	1164.66
5	Fuente AC/DC	1	Und	304.56	304.56
6	Radio modem	1	Und	756.2	756.2
7	Kit antena 4G	1	Und	114	114
8	Inversor 3.5 KW	1	Und	3084	3084
9	Panel solar	2	Und	836	1672
10	Batería 3.3 KW	1	Und	5028	5028
					42054.27

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La tabla 39 muestra los costos fijos a considerar en la bocatoma 2.

Tabla **39**

Costos fijos bocatoma 2

BOCATOMA 2					
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unit. S/.	Total, S/.
1	Compuerta tipo pedestal	1	Und	10602	10602
2	Actuador de Velocidad Variable	1	Und	15455.66	15455.66
3	Sensor de Nivel	1	Und	2721.94	2721.94
4	Controlador lógico programable	1	Und	1164.66	1164.66
5	Fuente AC/DC	1	Und	304.56	304.56
6	Radio modem	1	Und	756.2	756.2
7	Kit antena 4G	1	Und	114	114
8	Inversor 3.5 KW	1	Und	3084	3084
9	Panel solar	2	Und	836	1672
10	Batería 3.3 KW	1	Und	5028	5028
					30301.02

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

A continuación, la tabla 40 detalla el costo de los equipos esenciales a considerar en la bocatoma 3.

Tabla **40**

Costos fijos bocatoma 3

BOCATOMA 3					
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unit. S/.	Total, S/.
1	Compuerta tipo hoja deslizante	2	Und	6015.4	12030.8
2	Actuador de Velocidad Variable	2	Und	12803.11	25606.22
3	Sensor de Nivel	1	Und	2721.94	5443.88
4	Controlador lógico programable	1	Und	1164.66	1164.66
5	Fuente AC/DC	1	Und	304.56	304.56
6	Radio modem	1	Und	756.2	756.2
7	Kit antena 4G	1	Und	114	114
8	Inversor 3.5 KW	1	Und	3084	3084
9	Panel solar	2	Und	836	1672
10	Batería 3.3 KW	1	Und	5028	5028
					55204.32

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La tabla 41 nos muestra el costo de los equipos esenciales a considerar en la bocatoma 4.

Tabla **41**

Costos fijos bocatoma 4

BOCATOMA 4					
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unit. S/.	Total, S/.
1	Compuerta tipo hoja deslizante	3	Und	9937	29811
2	Compuerta tipo pedestal	1	Und	11685	11685
3	Actuador de Velocidad Variable	1	Und	16215.36	16215.36
	Actuador de Velocidad Variable	3	Und	15481.2	46443.6
4	Sensor de Nivel	1	Und	2721.94	2721.94
5	Controlador lógico programable	1	Und	1164.66	1164.66
6	Fuente AC/DC	1	Und	304.56	304.56
7	Radio modem	1	Und	765.2	765.2
8	Kit antena 4G	1	Und	114	114
9	Inversor 3.5 KW	2	Und	3084	6168
10	Panel solar	4	Und	836	3344
11	Batería 3.3 KW	2	Und	5028	10056
					128793.32

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En la tabla 42 se detalla el costo de los equipos esenciales a considerar en la bocatoma 5.

Tabla **42**

Costos fijos bocatoma 5

BOCATOMA 5					
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unit. S/.	Total, S/.
1	Compuerta tipo hoja deslizante	1	Und	8056	8056
2	Compuerta tipo pedestal	1	Und	10830	10830
3	Actuador de Velocidad Variable	1	Und	16215.36	16215.36
	Actuador de Velocidad Variable	1	Und	12898.87	12898.87
4	Sensor de Nivel	1	Und	2721.94	2721.94
5	Controlador lógico programable	1	Und	1164.66	1164.66
6	Fuente AC/DC	1	Und	304.56	304.56
7	Radio modem	1	Und	765.2	765.2
8	Kit antena 4G	1	Und	114	114
9	Inversor 5 KW	1	Und	3664	3664
10	Panel solar	3	Und	836	2508
11	Batería 3.3 KW	2	Und	5028	10056
					69298.59

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.2 Costos Variables

La tabla 43 indica la cantidad de datos y plan necesario por cada bocatoma, esta tabla es de un solo punto.

Tabla **43**

Servicio de plan de datos mensuales por cada bocatoma

Descripción de comandos	Bits	Bytes	Bytes usados	Total, Bytes
Información del actuador en movimiento	31		4	4
Comandos de operación del actuador	31		4	4
Comando de datos de lectura de entrada		32	10	10
Lectura del software		19	19	19
Lectura de proceso de variables		4	4	4
Operación de comandos de escritura		5	5	5
Parámetros de escritura		5	5	5
Dispositivo de estado	4		1	1
Extensión de dispositivos de estado	1		1	1
Adicionales dispositivos de estado		4	4	4
Dispositivo de campo ok		6	6	6
Ajustes personalizados		3	3	3
Dispositivo en configuración		4	4	4
Tiempo de sellado		1	1	1
Torque switching		5	5	5
Configuración de dispositivo actuador		5	5	5
Configuración de dispositivo actuador		4	4	4
Transmisor de posición		4	4	4
Monitoreo de las funciones		7	7	7
Diagnostico-controlador de proceso		3	3	3
Sensor de Nivel		3	3	3
Comandos auxiliares		51	51	51
Datos de respaldo		50	50	50
Transferencia de datos en simultaneo		50	50	50
Plan de datos mensual Bytes				10929600
Plan de datos mensual (Mbyte)+ Reserva 50%				16.5

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La tabla 44 nos muestra el costo total por mes para el plan de datos de las 5 bocatomas.

Tabla **44**

Costo de plan de datos por cada bocatoma

Descripción	Cantidad	Precio Unit. S/.	Total, S/.
Plan de datos 30 MB mensual	5	60	300

Fuente: Elaboración propia

La tabla 45 indica el costo total del proyecto mediante un resumen del costo de cada punto, incluyendo el costo del plan de datos mensual, costo que se considera a lo largo de 1 año, además de la mano de obra estimada.

Tabla 45

Resumen del costo total del proyecto

Ítem	Descripción	Precio Unit. S/.	Total, S/.
1	Bocatoma 1	42,054.27	42,054.27
2	Bocatoma 2	30,301.02	30,301.02
3	Bocatoma 3	55,204.32	55,204.32
4	Bocatoma 4	128,793.32	128,793.32
5	Bocatoma 5	69,298.59	69,298.59
6	Plan de datos anual	300.00	1,200.00
7	Mano de obra	18,980.50	94,902.50
			S/. 421,754.02

Fuente: Elaboración propia

Como costo total del proyecto se tiene: S/. 421,754.02

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CONCLUSIONES

1. Se logró proponer el diseño de un método que ofrece la solución para el manejo racional e integral de los recursos hídricos, mediante una red eléctrica independiente usando una energía renovable como la fotovoltaica.
2. Se hizo la selección de equipos y herramientas necesarias para dar solución a la recolección de datos de campo y monitoreo del nivel en cada punto, ya que dichas fallas generan un desbalance y regulación a mano alzada del caudal correcto.
3. La cobertura de los distintos operadores para mantener una comunicación con la central desde el equipo transmisor de cada punto, es viable, por otra parte, el método de monitoreo planteado con sensores, controladores y actuadores nos permitirá un registro de valores constantes para la transmisión de estos.
4. Mediante el cálculo del sistema de alimentación fotovoltaica y método de proceso diseñado, cumplen con las especificaciones técnicas apropiadas para la alimentación del sistema de apertura y cierre de compuertas y monitoreo de caudales en cada bocatoma.
5. Se indicó los requisitos mínimos como normas y especificaciones técnicas que deben cumplir los equipos a utilizar, de esta forma el funcionamiento del método sea el adecuado.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda implementar el método de control(apertura/cierre) de compuertas automatizado propuesto en el estudio, dado que se obtendría un eficiente registro y uso del agua para los usuarios de cada Bocatoma; lo que generaría un registro del caudal verdadero que llega a cada usuario, de esta forma no habría excedentes o falta de agua en las otras Bocatomas.
2. Como parte del diseño se recomienda tener un claro manejo y conocimiento de los protocolos utilizados para el funcionamiento de la red, ya que puede sufrir variaciones al tener distintos protocolos de comunicación.
3. Para implementar el proceso, se recomienda hacer pruebas por etapas del funcionamiento independiente de estas, de esa forma al unir todas las etapas, en caso se presente, la solución de problemas se verá reducida a partes específicas.
4. Se recomienda analizar otra alternativa de energía como la eólica para encontrar posibilidades de que el sistema se pueda utilizar mediante esta energía.
5. El método de comunicación de los equipos puede abarcar otras opciones y/o protocolos, por lo que se considera recomendable investigar sobre otras opciones en esa área.
6. El índice general no refiere un punto relacionado con el tema de “seguridad” a considerar en cada una de las Bocatomas, sin embargo, se sabe que varios de los puntos están expuestos a robos, por ende, se recomienda ampliar el estudio de las casetas de concreto para así evitar el robo de los equipos involucrados en la automatización de los canales, este estudio puede involucrar temas de dimensionamiento de acuerdo a cada canal para el funcionamiento de los equipos, así como ante inclemencias del clima.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

REFERENCIA

Bernales Goicochea, L. A. (2019). Diseño e implementación de un sistema automático de monitoreo en tiempo real de nivel de tanques de suministro para estaciones de combustible. *Universidad de Ciencias y Humanidades*.

Caro Ramirez, M. A. (2011). Automatización y Control de Planta de Tratamiento de Agua. *Universidad Simón Bolívar*.

Daneri, P. (2008). *Automatización y Control Industrial.* Buenos Aires: Hispano American.

García Moreno, E. (1999). *Automatización de Procesos Industriales, Robótica y Automática.* Valencia: Editorial Universitat Politecnica de Valencia.

Mandado, E. (2009). *AUTOMATAS Programables y Sistemas de Automatización.* Barcelona: Marcombo.

Mariano Campos, L. (2019). Automatización y control de redes de distribución de Agua. *Universidad de Buenos Aires*.

Pérez López, E. (2015). *Los Sistemas SCADA en la Automatización Industrial.* Tecnología en Marcha.

Rodriguez, A. (2007). *Sistemas Scada.* Barcelona: Marcombo.

Rufino Adrianzen, W. (2016). Automatización Del Control De Compuertas Para Mejorar El Sistema De Distribución De Agua Y Sedimentos En El Desarenador - Proyecto Chavimochic. *Universidad César Vallejo*.

Sanchis, R., Romero, J., & Ariño, C. (2010). *Automatización Industrial.* España: Publicacions de la Universitat Jaume I, 2010. 257 pp.

Ternicien Abarca, M. C. (2017). Eficiencia de la administración del recurso hídrico en el riego a través de la automatización de compuertas de canales. *Universidad Técnica Federico Santa María*.

Trejo Pacheco, L. K. (2019). Diseño y construcción de una miniplanta de generación fotovoltaica para la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Católica San Pablo. *Universidad Nacional de San Agustín*.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Valencia Curaca, R. A., & Díaz Canazas, L. R. (2019). Diseño, Implementación y Automatización de Una Planta de Tratamiento de Aguas Superficiales a Escala Menor Para la Producción de Agua Potable en Poblado de Quequeña. *Universidad Católica de Santa María*.

Alonso Lorenzo, J. A. (s.f.). *Manual de cálculo de instalación fotovoltaica aislada con baterías*. Obtenido de SUNFIELDS EUROPE: https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/calculo-sistema-fotovoltaico-aislado/

Area Tecnologia. (s.f.). *DIMENSIONADO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA*. Obtenido de Area Tecnologia: https://www.areatecnologia.com/electricidad/dimensionado-instalaciones-fotovoltaicas.html

AUMA Riester GmbH & Co. KG. (s.f.). *Actuadores multivueltas*. Obtenido de AUMA: https://www.auma.com/es/productos/actuadores-multivueltas/

NASA. (s.f.). *Data Access Viewer*. Obtenido de NASA POWER: https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/

Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones. (s.f.). *Señal Osiptel*. Obtenido de Osiptel: https://serviciosweb.osiptel.gob.pe/CoberturaMovil/#

FKB Válvulas y Compuertas. (s.f.). *Compuertas*. Obtenido de FKB Válvulas y Compuertas: https://www.fkbvalvulas.es/producto/compuertas

2bgreen. (s.f.). *SUPRESOR DE PICOS DC FOTOVOLTAICO 2P-500 Vdc*. Obtenido de Artículos especializados para Sistemas Fotovoltaicos: http://2bgreen.com.mx/Webpages/Productos/Componentes/proteccion.2.html

ADFweb.com. (s.f.). *EtherNetIP / Modbus TCP - Converter*. Obtenido de ADF web: http://www.adfweb.com/Home/products/EtherNetIP_ModbusTCP.asp?frompg=nav16_7

Instrumentacion y Control.net. (s.f.). *La Filosofía de Control en un Proyecto de Automatización*. Obtenido de Instrumentacion y Control.net: https://instrumentacionycontrol.net/video-la-filosofia-de-control/

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

LONGi Green Energy Technology Co., Ltd. (s.f.). *Hi-MO 4m*. Obtenido de LONGi: https://www.longi.com/en/products/modules/hi-mo-4m/

SHENZHEN GROWATT NEW ENERGY CO., LTD. (s.f.). *GROWATT SPF 3500-5000 ES*. Obtenido de GROWATT: https://www.ginverter.com/Off-Grid-Storage-Inverters/44-625.html

SIEMENS AG. (s.f.). *Analog Input SM 1231, 4AI*. Obtenido de SIEMENS: https://support.industry.siemens.com/cs/products/6es7231-4hd32-0xb0/analog-input-sm-1231-4ai?pid=422574&dtp=Manual&ml=es&mlfb=6ES7231-4HD32-0XB0&mfn=ps&lc=en-AE

SIEMENS AG. (s.f.). *SIPLUS S7-1200 CPU 1214C DC/DC/RLY*. Obtenido de SIEMENS: https://support.industry.siemens.com/cs/products/6ag1214-1hg40-5xb0/siplus-s7-1200-cpu-1214c-dc-dc-rly?pid=566937&mlfb=6AG1214-1HG40-5XB0&mfn=ps&lc=en-CY

solarmodul. (s.f.). *PANELES SOLARES*. Obtenido de solarmodul: https://solarmodul.pe/paneles-solares/

solarmodul. (s.f.). *SUMINISTRO DE EQUIPOS*. Obtenido de solarmodul: https://solarmodul.pe/kits-solares-y-suministro-de-equipos/

Sygnite Power and Energy Solutions. (s.f.). *Growatt Hope Lithium-ion Battery – 3.3L-C1*. Obtenido de Sygnite Power & Energy Solutions: https://sygniteng.com/product/growatt-hope-lithium-ion-battery-3-3l-c1/

Techvalue SA. (s.f.). *Microhard/Celullar 4G Gateway/LTE-CUBE-CAT4GL*. Obtenido de Techvalue: https://grupotechvalue.com/product/microhard-celullar-4g-gateway-lte-cube-cat4gl/

VÁLVULAS Y CONEXIONES DEL PACÍFICO. (s.f.). *Saneamiento*. Obtenido de Productos: https://www.vcpsa.com/productos/saneamiento.html

Kobold Peru. (2019). *Hydrostatic Pressure Sensor, (2 wire): 4..20 mA, 12…30 VDC, 2 mWs*. Obtenido de Kobold.

Autoridad Nacional del Agua. (s.f). *Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Quilca-Chili*. Obtenido de https://www.ana.gob.pe/consejo-de-cuenca/quilca-chili/portada

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

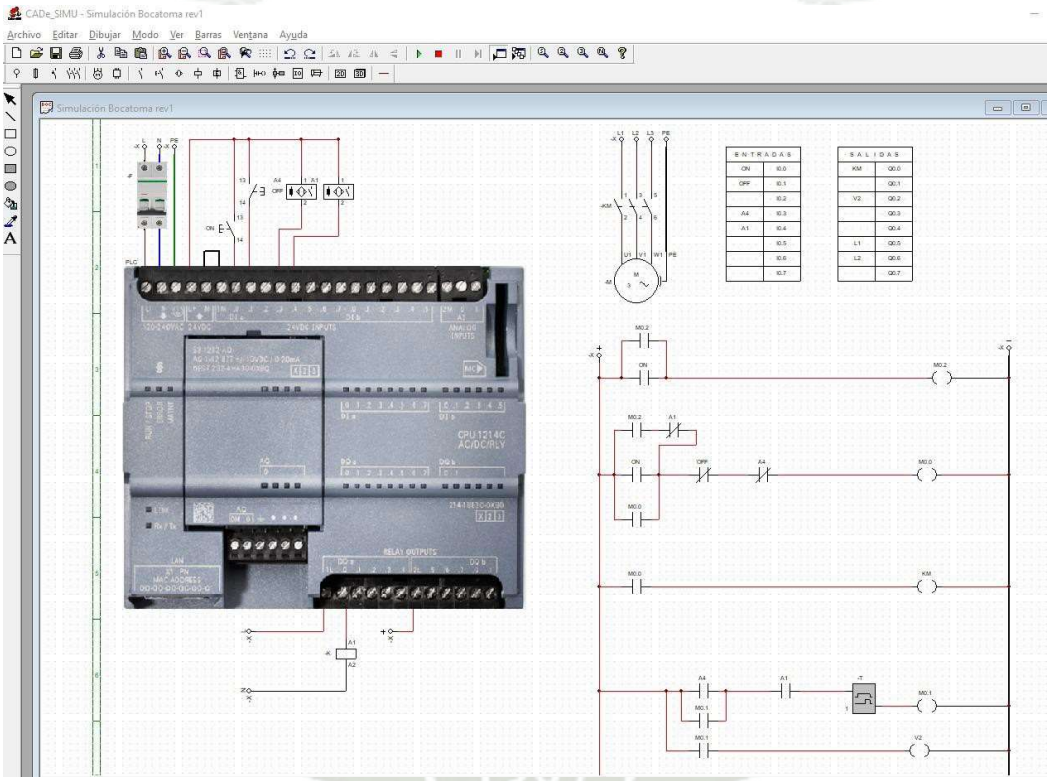
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXOS

ANEXO 1. Simulación del funcionamiento para las bocatomas

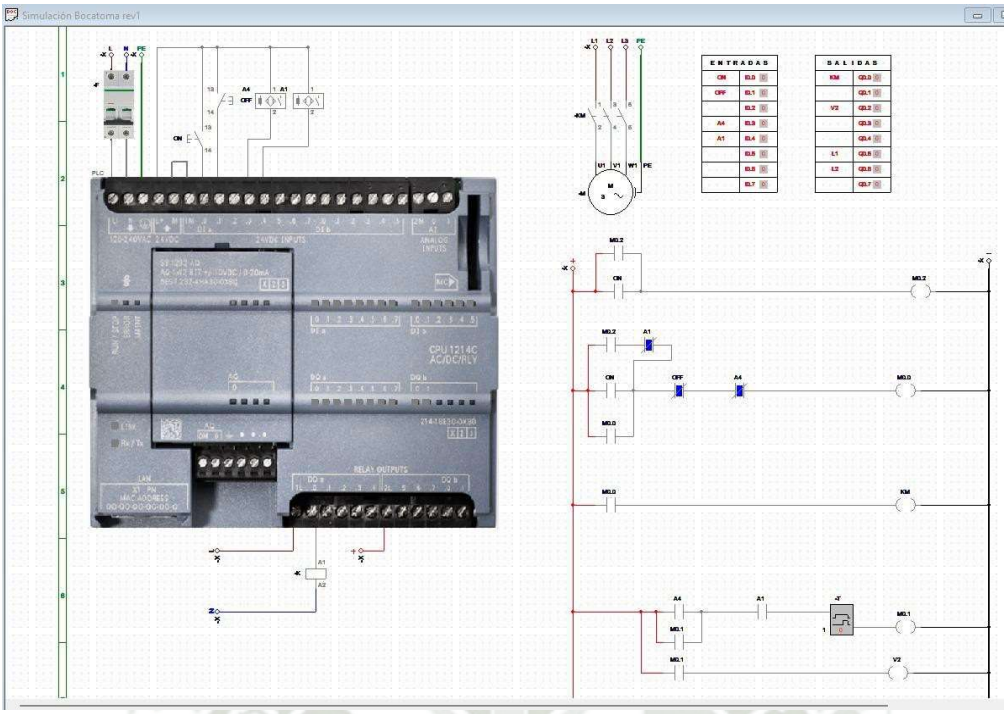
Simulación en CADE SIMU y PC SIMU, en CADE SIMU se hace el conexionado virtual y lógica del funcionamiento del monitoreo de una Bocatoma, en PC SIMU se considera un tanque como la caja de aforo, regulada por las 2 compuertas representadas como válvulas, el ingreso de flujo y/o canal representado por un motor, para después regular el ingreso y salida de la caja de aforo mediante los sensores y controlador.

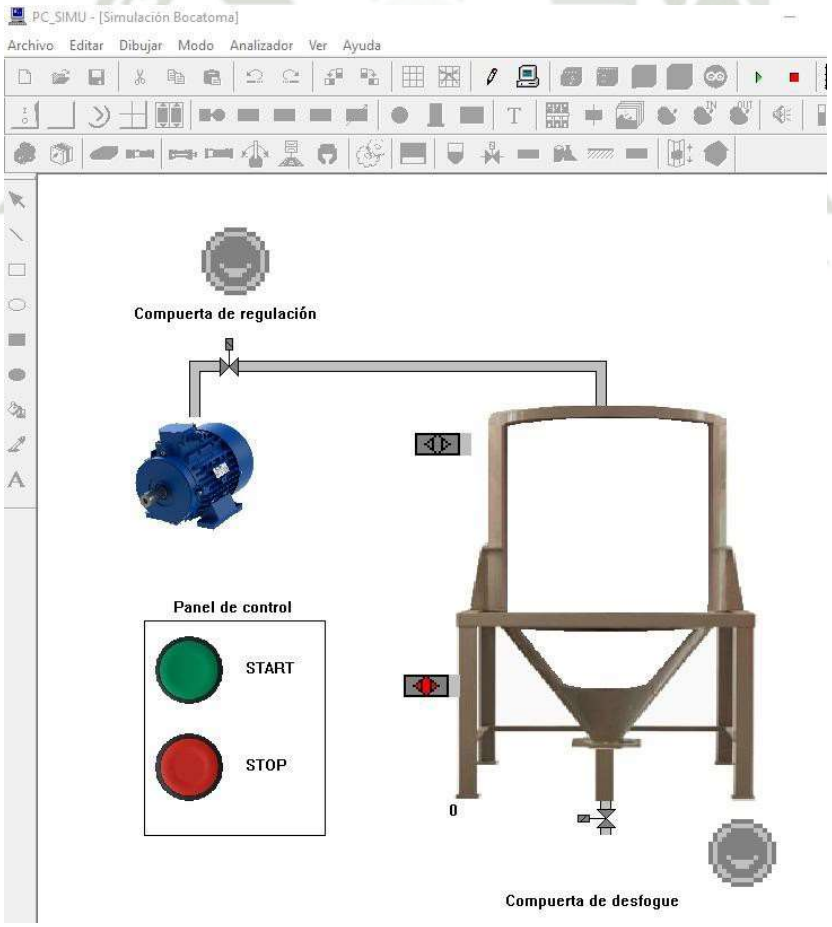


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

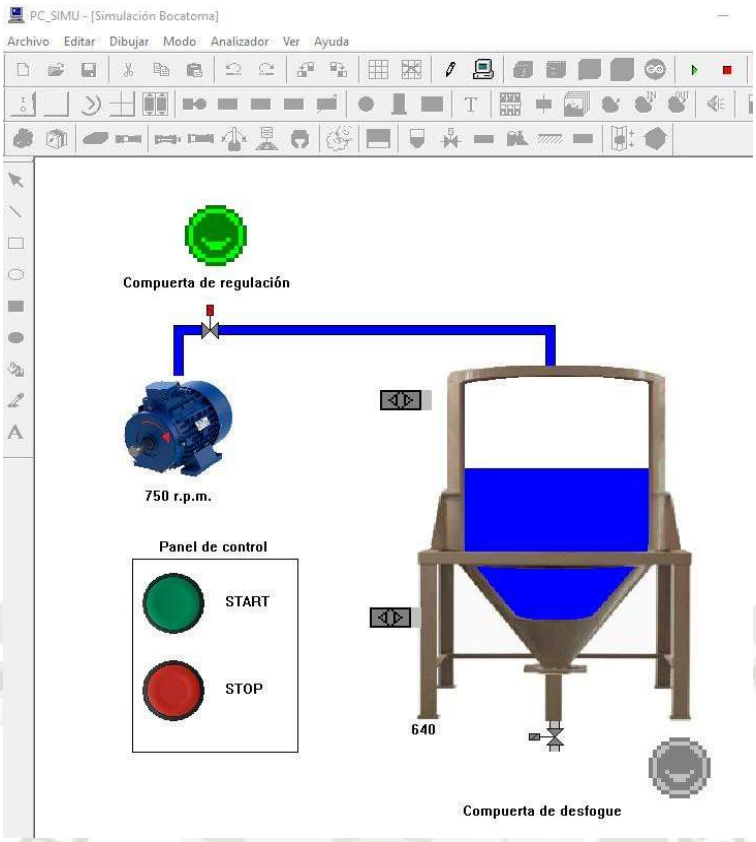


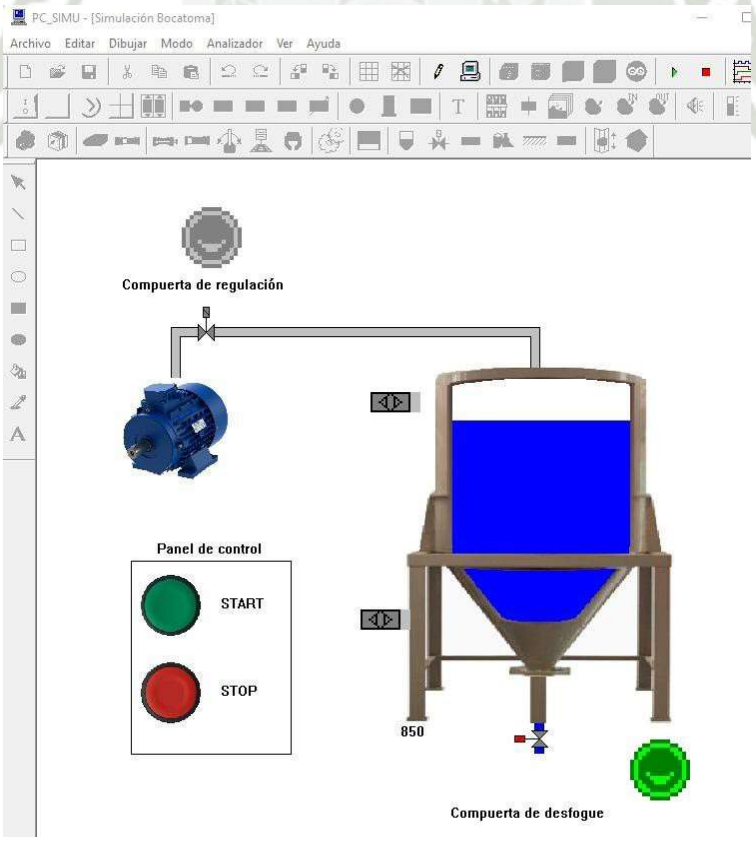


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



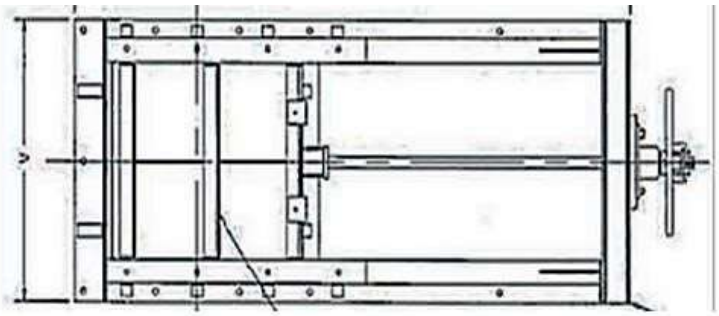


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 2. Compuerta de hoja tipo deslizante y pedestal



- MARCOS VERTICALES DE ACERO INOX 304 DE SECCION "C" DE 80MM X 105MM X 80MM, (MAS UNA PESTAÑA DE 50MM) CON ESPESOR DE 1/4".
- HOJA DESLIZANTE DE 1/4" CON REFUERZOS HORIZONTALES Y VERTICALES
- Diametro del eje 1 1/2",
- SELLA POR 3 LADOS.
- YUGOS HORIZONTAL SUPERIOR DE CANALES "C" DE 1/4" DE 50MM X 150X 50MM, (MARCO SUPERIOR DONDE SE APOYA LA VOLANTE DE MANIOBRA), PLACAS Y CARTELAS ESPESOR 1/4". •Accionamiento con caja reductora BEVER GEAR
- Sellos de estanqueidad: Los sellos son de neoprene con alma de lona (no pierden su elasticidad con el tiempo ante la luz del sol), con forma de "P" de 4" de longitud. Los sellos Tipo "P" van fijados por medio de platinas de acero inoxidable de 1 ½" , y pernos de acero inoxidable AISI 316, Para ser reemplazado con facilidad.
- Sistema antifricción: Dados o cuñas antifricción de UHMW que evita el desgaste prematuro por rozamiento.
- Hermeticidad de las compuertas deslizante Las fugas máximas permitidas estan acorde a la norma AWWA C561 PARA COMPUERTAS DESLIZANTES DE ACERO INOXIDABLE, sección 400559.23, SUB SECCION 3.4 FIELD QUALITY CONTROL, LETRA C TESTING
- Garantía Estructura Metalica: 15 años,
- Garantia de los sellos de neoprene con alma de lona 5 años.

(contamos con los repuestos).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Material de la compuerta y ejes en Acero inoxidable AISI 304
- MARCOS VERTICALES DE ACERO INOX 304 DE SECCION “C” DE 80MM X 105MM X 80MM, (MAS UNA PESTAÑA DE 50MM) CON ESPESOR DE 1/4".
- HOJA DESLIZANTE DE 1/4" CON REFUERZOS HORIZONTALES Y VERTICALES
- Eje de diámetro 1 1/2”,
- SELLA POR 4 LADOS., INCLUYE PEDESTAL DE MANIOBRA
- ESPESOR 1/4"
- TRAVEZAÑO HORIZONTAL PARA SELLAR LA PARTE SUPERIOR
- Sellos de estanqueidad: Los sellos son de neoprene con alma de lona (no pierden su elasticidad con el tiempo ante la luz del sol), con forma de “P” de 4” de longitud. Los sellos Tipo “P” van fijados por medio de platinas de acero inoxidable de 1 ½” , y pernos de acero inoxidable AISI 316, Para ser reemplazado con facilidad.
- Sistema antifricción: Dados o cuñas antifricción de UHMW que evita el desgaste prematuro por rozamiento.
- Hermeticidad de las compuertas deslizante Las fugas máximas permitidas estan acorde a la norma AWWA C561 PARA COMPUERTAS DESLIZANTES DE ACERO INOXIDABLE, sección 400559.23, SUB SECCION 3.4 FIELD QUALITY CONTROL, LETRA C TESTING
- Garantía Estructura Metalica: 15 años,
- Garantia de los sellos de neoprene con alma de lona 5 años. (contamos con los repuestos).

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

SAV AND SARV – VARIABLE SPEED ELECTRIC ACTUATORS FOR OPEN-CLOSE AND MODULATING DUTY

Multi-turn actuators SAV 07.2 – SAV 16.2 for open-close duty and SARV 07.2 – SARV 16.2 for modulating duty are paired with intelligent ACV .2 actuator controls. The proven AUMA SA/SAR range is enhanced by variable speed models. AUMA is spearheading market technology offering a wide speed control ratio of 1 to 10.

Variable speed offers significant advantages. For any change of valve position, the optimum operating speed can be adjusted. To optimise this competence, new functions have been integrated into AUMA ACV actuator controls.

Soft start and soft stop
Operations out of an end position start at zero speed. By means of a ramp function, speed is increased until the predefined value is reached. Soft stop is the exact opposite. Prior to reaching the end position, the speed is linearly decreased. The advantage is gentle operation for all valve and actuator components subject to wear.

Higher positioning accuracy
For operation into the end position, the actuator decreases the operating speed when approaching the valve setpoint position down to zero speed. This allows for more accurate approaching of the setpoint compared to the sudden tripping of a fixed speed actuator. This ability is particularly crucial for the SARV modulating duty model.

External impact on speed
The variable actuator speed is an additional variable to optimise a control process within the control system. To this end, the SARV speed can be adjusted by an external input.

Avoiding pressure surges by speed profile
Closing at excessive speed results in pressure surges and might cause overloads in both valves and pipeline systems depending on flow conditions. If worst comes to worst, the pipe might burst. ACV speed profiles are the ideal solution for controlling closing procedures and maintaining loads within the permissible range. Speed values may be specified for up to ten sections of travel irrespective of the direction of operation. Thus, the operating speed profile can be tailored to the specific valve requirements.

EMERGENCY operation at predefined speed
As an option, EMERGENCY and failure operations can be executed at a predefined speed to suit the particular event. By selecting a high speed still acceptable for the process, the safe state can be reached faster.

TECHNICAL DATA

The following technical data is for reference only. For detailed data, please refer to the separate technical data sheets.

Ambient temperatures
> –30 °C to +70 °C

Supply voltages
> 3-phase AC current 50/60 Hz maximum mains voltage 480 V
> 1-phase AC current 50/60 Hz maximum mains voltage 240 V

Positioning accuracy
The actuators achieve a positioning accuracy of < 0.2 %.

Types of duty
The actuators are generally sized for duty types according to EN 15714-2:
> SAV: Class A or open-close duty (S2 - 15 min/30 min)
> SAV: Class B or inching/positioning duty (S2 - 15 min/30 min)
> SARV: Class C or modulating duty S4 - 25 %/50 %

The following table applies to actuators with 380 V – 480 V 3-phase AC supply in type of duty S2 - 15 min or S4 - 25 %.

Type	Speed ranges			Setting range for tripping torque				Maximum torque for modulating duty			Starting frequency for modulating duty max. number of starts		
	[rpm]			min.	max. [Nm]			[Nm]			[1/h]		
SAV 07.2	6 – 60	12 – 120	24 – 240	10	30	30	25	–	–	–	–	–	–
SARV 07.2	6 – 60	12 – 120	24 – 240	15	30	30	25	15	15	15	1,500	1,500	1,200
SAV 07.6	6 – 60	12 – 120	24 – 240	20	60	60	50	–	–	–	–	–	–
SARV 07.6	6 – 60	12 – 120	24 – 240	30	60	60	50	30	20	20	1,500	1,500	1,200
SAV 10.2	6 – 60	12 – 120	24 – 240	40	120	120	100	–	–	–	–	–	–
SARV 10.2	6 – 60	12 – 120	24 – 240	60	120	120	100	60	50	50	1,500	1,500	1,200
SAV 14.2	6 – 60	12 – 120	24 – 240	100	250	250	200	–	–	–	–	–	–
SARV 14.2	6 – 60	12 – 120	24 – 240	120	250	250	200	120	100	100	1,200	1,200	600
SAV 14.6	6 – 60	12 – 120	24 – 240	200	500	500	400	–	–	–	–	–	–
SARV 14.6	6 – 60	12 – 120	24 – 240	250	500	400	400	175	150	150	1,200	1,200	600
SAV 16.2	6 – 60	–	–	400	1,000	–	–	–	–	–	–	–	–
SARV 16.2	6 – 60	–	–	500	1,000	–	–	350	–	–	900	–	–

Depending on the torque range, restrictions for the maximum ambient temperature will apply

AUMA variable speed multi-turn actuators are the combination of SAV/SARV actuators and ACV 01.2 actuator controls. Variable speed is achieved by the integral frequency converter within the actuator controls. ACV 01.2 are based on the intelligent AC 01.2 actuator controls. Operation and integration of ACV into the DCS is comparable to AC.

By their design, SAV and SARV differ on a few points from SA and SAR actuators. The renamed type designation identifies the use of actuators paired with ACV 01.2 actuator controls.

1 Frequency converter
Frequency converters are the perfect choice for providing 3-phase AC motors with variable speed. The converter specifically developed by AUMA excels by maintaining constant torque availability across a broad speed range.

The converter ensures that the actuator can be supplied with 1-phase AC voltage in spite of using a 3-phase AC motor. Voltage and frequency fluctuations are compensated by the converter. At the same time, the converter eliminates high start-up currents which are usually generated at actuator start.

2 3-phase AC motor
Irrespective of the type of power supply with 3-phase or 1-phase AC current, actuators are always equipped with a specially designed 3-phase AC motor. The frequency converter converts the supply voltage applied into an appropriate voltage for the 3-phase AC motor.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Multi-turn actuator with output drive type A: mount

1. If output drive type A is already mounted to the multi-turn actuator: Loosen screws [3] and remove output drive type A [2].

Figure 13: Multi-turn actuator with output drive type A

[1] Multi-turn actuator
[2] Output drive type A, from left to right:
with finish-machined, unbored and pilot bore stem nut
[3] Screws to multi-turn actuator

Information For an unbored or pilot bore stem nut, the stem nut must be finish machined prior to mounting valve stem and prior to performing the following steps. ⇨ page 21, Stem nut for output drive type A: finish machining

2. Apply a small quantity of grease to the valve stem.
3. Place output drive type A [2] on valve stem and turn until it is [4] flush on the valve flange.
4. Turn output drive type A [2] until alignment of the fixing holes.
5. Fasten screws [5] between valve and output drive type A [2] without completely tightening them.

Figure 14:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

auma
Solutions for a world in motion

Technical data sheet 2216859 REV04

Pos.1	**C.ref.: CANAL 1 - 0.89m x 2.24m**
Code:	SAV14.2-F14-A-UN-6·60-1ph/220-240V/50-60Hz-S2-15min-KS-A0001-11.2-30.5-22.05-SP·3000-1T-F (IEC 85)-N·25·70-IP68-ACV01.2-1ph/220-240V/50-60Hz-N·25·70-IP68-KS-A0001-SJ·181-C1-BRRS.00-C00.01-D20.05-A30.00-F30.01
Wiring diagram:	--
Valve attachment:	F14 || A-UN || 250 Nm || 6.0 - 60.0 min⁻¹ || 176.2 - 1762.0 s / 176.2 U/Hub
Settings:	181 Nm [181 Nm] || 176.2 U/Hub [176.2 turns/stroke]
Comment:	CANAL 1 - 0.89m x 2.24m
Actuator design description:	
SAV14.2	Variable speed multi-turn actuator S2-15min short-time duty, classes A and B acc. to EN 15714-2
A-UN	output drive: output drive with stem nut (unbored) ø d6 max. 57mm (0-57)
1ph/220-240V/50-60H:	mains voltage: single-phase AC 220-240V/50-60Hz
KS	corrosion protection: KS is suitable for units occasionally or permanently exposed to aggressive chemical substances, average total film thickness 140 µm
A0001	colour: finish painting with standard colour for corrosion protection KN/KS/KX (AUMA silver-grey similar RAL7037)
11.2	position indication: mechanical position indicator
30.5	remote position indication: magnetic position transmitter MWG (AC.2)
22.05	heater: in switch compartment 24 V (internal supplied)
SP·3000	stem protection tube 3000mm
1T	motor protection: thermoswitches (NC)
F (IEC 85)	motor winding insulation: insulation class F, tropicalized (IEC 85)
N·25·70	temperature design: suitable for ambient temperature -25 °C to +70 °C
IP68	enclosure protection IP68, submersible for max. 96 hours, max. 8 m head of water, up to 10 operations during the flooding
ACV01.2	Actuator controls AUMATIC for variable speed actuators
1ph/220-240V/50-60H:	mains voltage: single-phase AC 220-240V/50-60Hz
N·25·70	temperature design: suitable for ambient temperature -25 °C to +70 °C
IP68	enclosure protection IP68, submersible for max. 96 hours, max. 8 m head of water, up to 10 operations during the flooding
KS	corrosion protection: KS is suitable for units occasionally or permanently exposed to aggressive chemical substances, average total film thickness 140 µm
A0001	colour: finish painting with standard colour for corrosion protection KN/KS/KX (AUMA silver-grey similar RAL7037)
SJ·181	electrical connector SJ (Ethernet) with removable lid, cable entries with NPT-threads 1 x ½" NPT / 4 x ¾" NPT
C1	switchgear: power electronics with integral motor controller
BRRS.00	without connection for external brake resistor
D20.05	interface: Modbus TCP/IP
A30.00	auxiliary voltage output: without
C00.01	motor protection: thermoswitches, automatic reset
F30.01	controller: adaptive positioner (position setpoint via fieldbus)
Electrical data:	Motortype: ASV0090-4-0,75 || Speed: 2800 rpm || Power (P in): 1.5 kW || In: 8.9 A || Imax: 15 A || Is: 15 A || cos phi: 0.6
Weight / Unit:	59.8 kg

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 4. Módulo de señales

SIEMENS

Data sheet **6ES7232-4HD32-0XB0**

Figure similar

SIMATIC S7-1200, Analog output, SM 1232, 4 AO, +/-10 V, 14-bit resolution, or 0-20 mA/4-20 mA, 13-bit resolution

General information	
Product type designation	SM 1232, AQ 4x14 bit
Supply voltage	
Rated value (DC)	24 V
Input current	
Current consumption, typ.	45 mA
from backplane bus 5 V DC, typ.	80 mA
Power loss	
Power loss, typ.	1.5 W
Analog outputs	
Number of analog outputs	4; Current or voltage
Output ranges, voltage	
• -10 V to +10 V	Yes
Output ranges, current	
• 0 to 20 mA	Yes
Load impedance (in rated range of output)	
• with voltage outputs, min.	1 000 Ω
• with current outputs, max.	600 Ω
Cable length	
• shielded, max.	100 m; shielded, twisted pair
Analog value generation for the outputs	
Integration and conversion time/resolution per channel	
• Resolution with overrange (bit including sign), max.	14 bit; Voltage: 14 bit; Current : 13 bit
Errors/accuracies	
Temperature error (relative to output range), (+/-)	25 °C ±0.3%, to 55 °C ±0.6% total measurement range
Basic error limit (operational limit at 25 °C)	
• Voltage, relative to output range, (+/-)	0.3 %
• Current, relative to output range, (+/-)	0.3 %
Interference voltage suppression for f = n x (f1 +/- 1 %), f1 = interference frequency	
• Common mode voltage, max.	12 V
Interrupts/diagnostics/status information	
Alarms	Yes
Diagnostics function	Yes
Alarms	
• Diagnostic alarm	Yes

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 5. Switch de 5 puertos

EDS-405A Series

5-port entry-level managed Ethernet switches

Features and Benefits

- Turbo Ring and Turbo Chain (recovery time < 20 ms @ 250 switches), and RSTP/STP for network redundancy
- IGMP Snooping, QoS, IEEE 802.1Q VLAN, and port-based VLAN supported
- Easy network management by web browser, CLI, Telnet/serial console, Windows utility, and ABC-01
- PROFINET or EtherNet/IP enabled by default (PN or EIP models)
- Supports MXstudio for easy, visualized industrial network management

Certifications

Introduction

The EDS-405A Series is designed especially for industrial applications. The switches support a variety of useful management functions, such as Turbo Ring, Turbo Chain, ring coupling, IGMP snooping, IEEE 802.1Q VLAN, port-based VLAN, QoS, RMON, bandwidth management, port mirroring, and warning by email or relay. The ready-to-use Turbo Ring can be set up easily using the web-based management interface, or with the DIP switches located on the top panel of the EDS-405A switches.

Additional Features and Benefits

- DHCP Option 82 for IP address assignment with different policies
- Supports EtherNet/IP, Modbus TCP and PROFINET[1] protocols for device management and monitoring
- EtherNet/IP EDS (Electronic Data Sheet) file, custom AOI (Add-On Instructions) and FactoryTalk® View faceplate available
- PROFINET GSDML file and SIMATIC STEP 7 device icons available[1]
- Port mirroring for online debugging
- Port-based VLAN, IEEE 802.1Q VLAN, and GVRP to ease network planning
- QoS (IEEE 802.1p and TOS/DiffServ) to increase determinism
- RMON for proactive and efficient network monitoring
- SNMPv1/v2c/v3 for different levels of network management security
- Bandwidth management to prevent unpredictable network status

Specifications

Ethernet Interface

10/100BaseT(X) Ports (RJ45 connector)	EDS-405A, 405A-EIP/PN/PTP Series: 5 EDS-405A-MM-SC/MM-ST/SS-SC Series: 3 All models support: Auto negotiation speed Full/Half duplex mode Auto MDI/MDI-X connection
100BaseFX Ports (multi-mode SC connector)	EDS-405A-MM-SC Series: 2
100BaseFX Ports (multi-mode ST connector)	EDS-405A-MM-ST Series: 2
100BaseFX Ports (single-mode SC connector)	EDS-405A-SS-SC Series: 2

1. EDS-405A-PN Series only

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Optical Fiber		100BaseFX		
		Multi-Mode		Single-Mode
Fiber Cable Type		OM1	50/125 µm 800 MHz x km	G.652
Typical Distance		4 km	5 km	40 km
Wavelength	Typical (nm)	1300		1310
	TX Range (nm)	1260 to 1360		1260 to 1340
	RX Range (nm)	1100 to 1600		1100 to 1600
Optical Power	TX Range (dBm)	-10 to -20		0 to -5
	RX Range (dBm)	-3 to -32		-3 to -34
	Link Budget (dB)	12		29
	Dispersion Penalty (dB)	3		1

Note: When connecting a single-mode fiber transceiver, we recommend using an attenuator to prevent damage caused by excessive optical power.
Note: Compute the "typical distance" of a specific fiber transceiver as follows: Link budget (dB) > dispersion penalty (dB) + total link loss (dB).

Standards	IEEE 802.3 for 10BaseT IEEE 802.3u for 100BaseT(X) and 100BaseFX IEEE 802.3x for flow control IEEE 802.1D-2004 for Spanning Tree Protocol IEEE 802.1p for Class of Service IEEE 802.1Q for VLAN Tagging IEEE 802.1w for Rapid Spanning Tree Protocol

Ethernet Software Features

Filter	802.1Q VLAN, GMRP, GVRP, IGMP v1/v2, Port-based VLAN
Industrial Protocols	EtherNet/IP[2], Modbus TCP EDS-405A-PN Series: PROFINET IO Device (Slave)
Management	Back Pressure Flow Control, BOOTP, DHCP Option 66/67/82, DHCP Server/Client, Flow control, IPv4/IPv6, LLDP, Port Mirror, RARP, RMON, SMTP, SNMP Inform, SNMPv1/v2c/v3, Syslog, Telnet, TFTP
MIB	Bridge MIB, Ethernet-like MIB, MIB-II, P-BRIDGE MIB, RMON MIB Groups 1, 2, 3, 9, RSTP MIB
Redundancy Protocols	RSTP, STP, Turbo Chain, Turbo Ring v1/v2
Time Management	All models: NTP Server/Client, SNTP EDS-405A-PTP Series: IEEE 1588v2 PTP (hardware-based)

Switch Properties

IGMP Groups	256
MAC Table Size	EDS-405A Series, EDS-405A-EIP/MM-SC/MM-ST/PN/SS-SC Series: 2 K EDS-405A-PTP Series: 8 K
Max. No. of VLANs	64
Packet Buffer Size	1 Mbits
Priority Queues	4
VLAN ID Range	VID 1 to 4094

2. EDS-405A-EIP Series: EtherNet/IP protocol enabled by default.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 6. Sensor de Nivel

M-Zert
Zertifiziertes QM-System
DIN EN ISO 9001

Deep-Well Probes

KOBOLD

measuring
•
monitoring
•
analysing

NTB

HART
COMMUNICATION FOUNDATION

- Measuring range:
  0-1 ... 0-200 m water column
- Linearity: ±0.25%
- Material: stainless steel,
  polyurethane (cable)
- Reliable
- Compact
- Dirt resistant

N2

KOBOLD companies worldwide:
ARGENTINA, AUSTRALIA, AUSTRIA, BELGIUM, BULGARIA, CANADA, CHILE, CHINA, COLOMBIA, CZECHIA, EGYPT, FRANCE, GERMANY, GREAT BRITAIN, HUNGARY, INDIA, INDONESIA, ITALY, MALAYSIA, MEXICO, NETHERLANDS, PERU, POLAND, REPUBLIC OF KOREA, ROMANIA,

KOBOLD Messring GmbH
Nordring 22-24
D-65719 Hofheim/Ts.
Head Office:
+49(0)6192 299-0

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

KOBOLD

Deep-Well Probes Model NTB

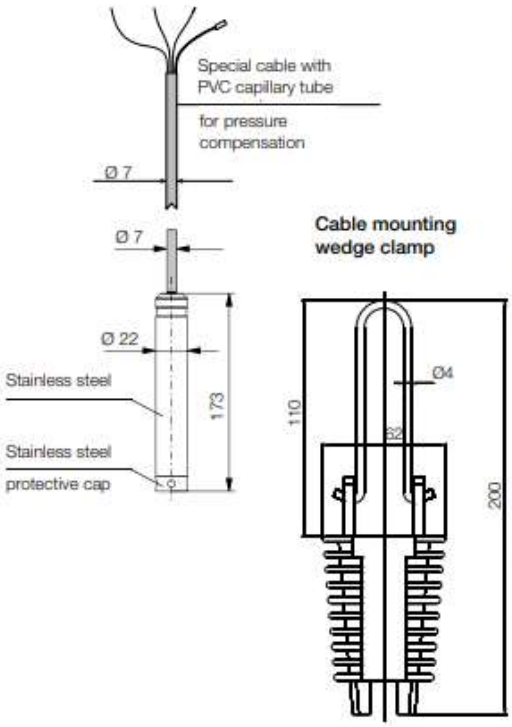
Description

The immersion probe comprises a measuring cell, two-wire transmitter and a special cable with capillary tube. The housing comprises stainless steel with a pressure-sensitive diaphragm that is protected with a stainless steel cap. The level signal is determined by the pressure difference between the water column over the probe and atmospheric pressure which is transferred to the probe through the capillary tube. This differential pressure is converted to a 4 ... 0 mA analogue signal by the piezo-resistive cell and the fitted electronics.

Application

The NTB deep-well probe is used for hydrostatic level measuring in wells, reservoirs, clarification plants and other vessels. Due to its small physical size, it is very easy to install and is ideally suited for protecting submersible pumps in deep wells.

Dimensions, Electrical Connection [mm]



Technical Details

Hydrostatic sensor

Measuring range NTB-1:	0 ... 200 m water column

Material

Sensor:	stainless steel 1.4404
Probe:	stainless steel 1.4571
Cable:	polyurethane
Sealing:	FPM
Cap:	stainless steel 1.4571
Overload capacity:	3x measuring range
Output signal:	4...20 mA HART®, 2-wire
Linearity:	± 0,25%
Effects of ambient temperature:	± 0,1%/10 K
Auxiliary power:	12...30 V_{DC}
Load:	$R_{min} = \frac{U_t - 12\ V}{0{,}02\ A}\ \Omega$, U_t = auxiliary power
Protection:	IP 68
Operating temperature:	-10 °C ... +60 °C
Dimensions of probe:	Ø 22 x 173 mm
Wire cross-section:	0.34 mm²
Cable length:	up to 300 m (see order details)

Overvoltage protection

NTB-OVP12:	field mounting
NTB-OVP32:	rail DIN 46277-3

Maximum voltage (peak value)

Slow:	90 V pp
Fast:	30 V pp
Series resistor:	13 Ω ±10%
Pulse power:	600 W / 1 ms
Protection:	IP 54 (NTB-OVP 12) IP 20 (NTB-OVP 32)

NTB in systems with PC

Using a PC and HART® modem (e.g. model HARTCOMM), it is possible to create your own multi-drop HART® network, where the PC displays all NTB measurement data and also allows reprogramming of the units as necessary. In this way the outputs derived from the displayed data can be programmed via the PC, which acts as the master. A maximum of 15 transmitters can be connected to one HART® modem and KOBOLD's NUS-NTB-NRM-SW software can be used for configuration.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 7. Controlador Lógico Programable

SIEMENS

Datasheet **6ES7214-1HG40-0XB0**

SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, COMPACT CPU, DC/DC/RELAY, ONBOARD I/O: 14 DI 24V DC; 10 DO RELAY 2A; 2 AI 0 - 10V DC, POWER SUPPLY: DC 20.4 - 28.8 V DC, PROGRAM/DATA MEMORY: 75 KB

Display	
with display	No
Supply voltage	
Rated value (DC)	
• 24 V DC	Yes
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Load voltage L+	
• Rated value (DC)	24 V
• permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
• permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Input current	
Current consumption (rated value)	500 mA; Typical
Inrush current, max.	12 A; at 28.8 V
Encoder supply	
24 V encoder supply	
• 24 V	Permissible range: 20.4V to 28.8V
Output current	
Current output to backplane bus (DC 5 V), max.	1 600 mA; Max. 5 V DC for SM and CM
Power losses	
Power loss, typ.	12 W
Memory	
Type of memory	EEPROM

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Usable memory for user data	75 kbyte
Work memory	
• Integrated	100 kbyte
• expandable	No
Load memory	
• Integrated	4 Mbyte
• Plug-in (SIMATIC Memory Card), max.	2 Gbyte; with SIMATIC memory card
Backup	
• present	Yes; maintenance-free
• without battery	Yes
CPU processing times	
for bit operations, typ.	0.085 µs; / Operation
for word operations, typ.	1.7 µs; / Operation
for floating point arithmetic, typ.	2.3 µs; / Operation
CPU-blocks	
Number of blocks (total)	DBs, FCs, FBs, counters and timers. The maximum number of addressable blocks ranges from 1 to 65535. There is no restriction, the entire working memory can be used
OB	
• Number, max.	Limited only by RAM for code
Data areas and their retentivity	
retentive data area in total (incl. times, counters, flags), max.	10 kbyte
Flag	
• Number, max.	8 kbyte; Size of bit memory address area
Address area	
I/O address area	
• Inputs	1 024 byte
• Outputs	1 024 byte
Process image	
• Inputs, adjustable	1 kbyte
• Outputs, adjustable	1 kbyte
Hardware configuration	
Number of modules per system, max.	3 comm. modules, 1 signal board, 8 signal modules
Time of day	
Clock	
• Hardware clock (real-time clock)	Yes
• Deviation per day, max.	+/- 60 s/month at 25 °C
• Backup time	480 h; Typical
Digital inputs	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 8. Fuente para Controlador

SIEMENS

Data sheet **6EP1332-1SH71**

SIMATIC S7-1200 POWER MODULE PM1207 STABILIZED
POWER SUPPLY INPUT: 120/230 V AC OUTPUT: 24 V DC/2.5 A

Technical specifications	
Product	S7-1200 PM1207
Power supply, type	24 V/2.5 A

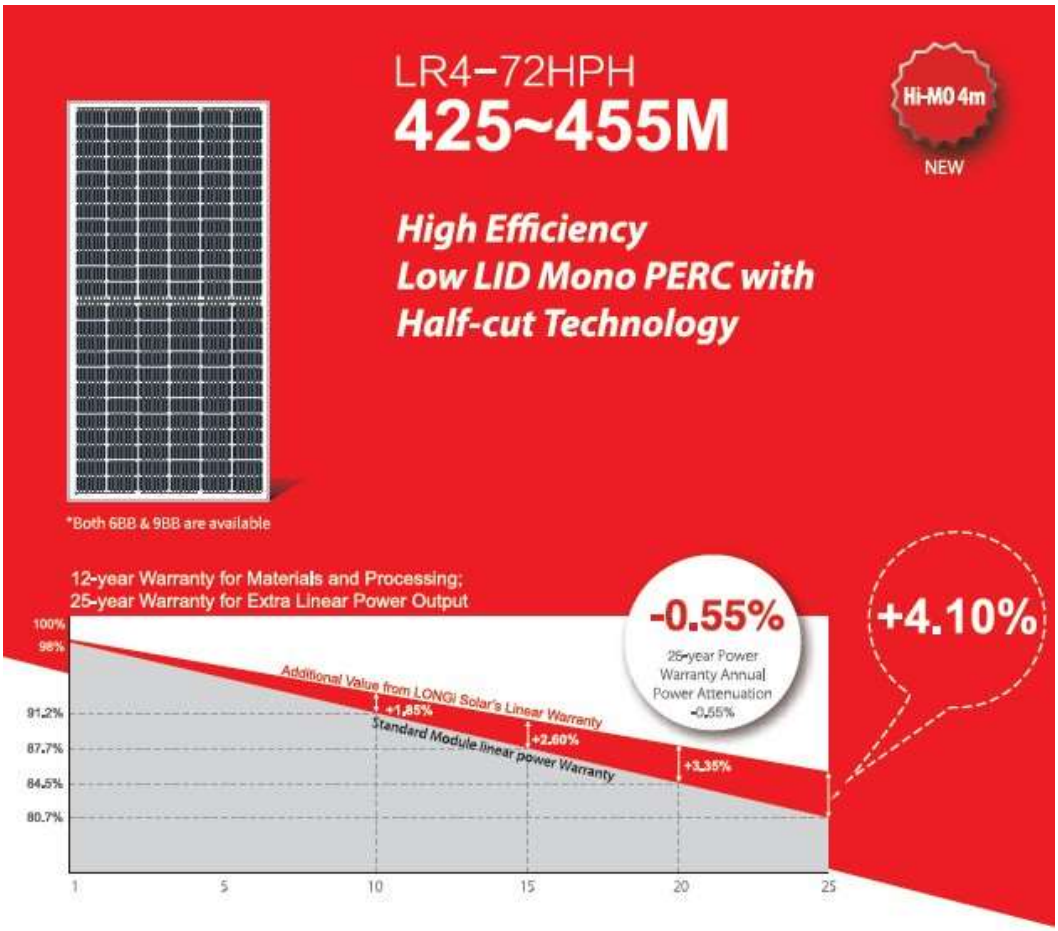
Input	
Input	1-phase AC
Supply voltage 1 with AC Rated value	120 V
Supply voltage 2 with AC Rated value	230 V
• Note	Automatic range selection
Input voltage 1 with AC	85 ... 132 V
Input voltage 2 with AC	176 ... 264 V
Wide-range input	No
Overvoltage resistance	2.3 × Vin rated, 1.3 ms
Mains buffering at Iout rated, min.	20 ms; at Vin = 93/187 V
Rated line frequency	50 ... 60 Hz
Rated line range	47 ... 63 Hz
Input current at rated input voltage 120 V Rated value	1.2 A
Input current at rated input voltage 230 V Rated value	0.67 A
Switch-on current limiting (+25 °C), max.	13 A
Duration of inrush current limiting at 25 °C maximum	3 ms
I^2t, max.	0.5 $A^2 \cdot s$
Built-in incoming fuse	T 3,15 A/250 V (not accessible)
Protection in the mains power input (IEC 898)	Recommended miniature circuit breaker: 16 A characteristic B or 10 A characteristic C

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 9. Paneles Solares



Complete System and Product Certifications

IEC 61215, IEC 61730, UL 61730

ISO 9001:2008: ISO Quality Management System

ISO 14001: 2004: ISO Environment Management System

TS62941: Guideline for module design qualification and type approval

OHSAS 18001: 2007 Occupational Health and Safety

* Specifications subject to technical changes and tests.
LONGi Solar reserves the right of interpretation.

Positive power tolerance (0 ~ +5W) guaranteed

High module conversion efficiency (up to 20.9%)

Slower power degradation enabled by Low LID Mono PERC technology: first year <2%, 0.55% year 2-25

Solid PID resistance ensured by solar cell process optimization and careful module BOM selection

Reduced resistive loss with lower operating current

Higher energy yield with lower operating temperature

Reduced hot spot risk with optimized electrical design and lower operating current

LONGi

Room 801, Tower 3, Lujiazui Financial Plaza, No.826 Century Avenue, Pudong Shanghai, 200120, China
Tel: +86-21-80162606 E-mail: module@longi-silicon.com Facebook: www.facebook.com/LONGI Solar

Note: Due to continuous technical innovation, R&D and improvement, technical data above mentioned may be of modification accordingly. LONGi have the sole right to make such modification at anytime without further notice; Demanding party shall request for the latest datasheet for such as contract need, and make it a consisting and binding part of lawful documentation duly signed by both parties.

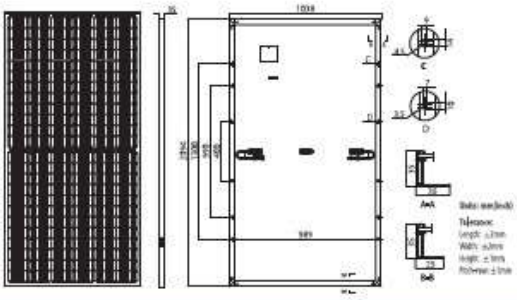
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

LR4-72HPH 425~455M

Design (mm)



Mechanical Parameters

Cell Orientation: 144 (6×24)
Junction Box: IP68, three diodes
Output Cable: 4mm², 300mm in length, length can be customized
Glass: Single glass
3.2mm coated tempered glass
Frame: Anodized aluminum alloy frame
Weight: 23.5kg
Dimension: 2094×1038×35mm
Packaging: 30pcs per pallet
150pcs per 20'GP
660pcs per 40'HC

Operating Parameters

Operational Temperature: -40℃ ~ +85℃
Power Output Tolerance: 0 ~ +5 W
Voc and Isc Tolerance: ±3%
Maximum System Voltage: DC1500V (IEC/UL)
Maximum Series Fuse Rating: 20A
Nominal Operating Cell Temperature: 45±2℃
Safety Class: Class Ⅱ
Fire Rating: UL type 1 or 2

Electrical Characteristics

Test uncertainty for Pmax: ±3%

Model Number	LR4-72HPH-425M		LR4-72HPH-430M		LR4-72HPH-435M		LR4-72HPH-440M		LR4-72HPH-445M		LR4-72HPH-450M		LR4-72HPH-455M	
Testing Condition	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax/W)	425	317.4	430	321.1	435	324.9	440	328.6	445	332.3	450	336.1	455	339.8
Open Circuit Voltage (Voc/V)	48.3	45.3	48.5	45.5	48.7	45.7	48.9	45.8	49.1	46.0	49.3	46.2	49.5	46.4
Short Circuit Current (Isc/A)	11.23	9.08	11.31	9.15	11.39	9.21	11.46	9.27	11.53	9.33	11.60	9.38	11.66	9.43
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	40.5	37.7	40.7	37.9	40.9	38.1	41.1	38.3	41.3	38.5	41.5	38.6	41.7	38.8
Current at Maximum Power (Imp/A)	10.50	8.42	10.57	8.47	10.64	8.53	10.71	8.59	10.78	8.64	10.85	8.70	10.92	8.75
Module Efficiency(%)	19.6		19.8		20.0		20.2		20.5		20.7		20.9	

STC (Standard Testing Conditions): Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25℃, Spectra at AM1.5

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature): Irradiance 800W/m², Ambient Temperature 20℃, Spectra at AM1.5, Wind at 1m/S

Temperature Ratings (STC)

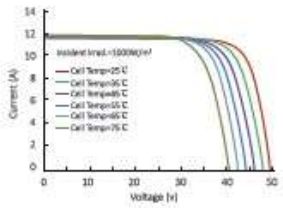
Temperature Coefficient of Isc	+0.048%/℃
Temperature Coefficient of Voc	-0.270%/℃
Temperature Coefficient of Pmax	-0.350%/℃

Mechanical Loading

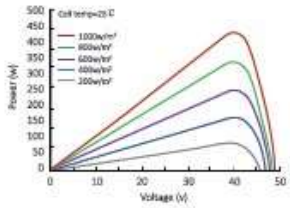
Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s

I-V Curve

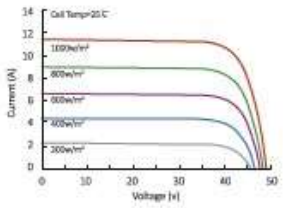
Current-Voltage Curve (LR4-72HPH-440M)



Power-Voltage Curve (LR4-72HPH-440M)



Current-Voltage Curve (LR4-72HPH-440M)



LONGi

Room 801, Tower 3, Lujiazui Financial Plaza, No.826 Century Avenue, Pudong Shanghai, 200120, China
Tel: +86-21-80162606 E-mail: module@longi-silicon.com Facebook: www.facebook.com/LONGI Solar

Note: Due to continuous technical innovation, R&D and improvement, technical data above mentioned may be of modification accordingly. LONGi have the sole right to make such modification at anytime without further notice; Demanding party shall request for the latest datasheet for such as contract need, and make it a consisting and binding part of lawful documentation duly signed by both parties.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 10. Inversor

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Datasheet	SPF 3500 ES	SPF 5000 ES
Battery Voltage	48VDC	
Battery Type	Lithium/Lead-acid	
INVERTER OUTPUT		
Rated Power	3500VA/ 3500W	5000VA/ 5000W
Parallel Capability	Yes, 6 units maximum	
AC Voltage Regulation (Battery Mode)	230VAC ± 5% @ 50/60Hz	
Surge Power	7000VA	10000VA
Efficiency (Peak)	93%	
Waveform	Pure sine wave	
Transfer Time	10ms typical, 20ms Max	
SOLAR CHARGER		
Maximum PV Array Power	4500W	6000W
MPPT Range @ Operating Voltage	120VDC ~ 430VDC	
Number of Independent MPP Trackers/ Strings Per MPP Tracker	1/1	
Maximum PV Array Open Circuit Voltage	450VDC	
Maximum Solar Charge Current	80A	100A
AC CHARGER		
Charge Current	60A	80A
AC Input Voltage	230 VAC	
Selectable Voltage Range	170-280 VAC (For Personal Computers) ; 90-280 VAC (For Home Appliances)	
Frequency Range	50Hz/60Hz (Auto sensing)	
PHYSICAL		
Protection Degree	IP20	
Dimension (W/H/D)	330/485/135mm	330/485/135mm
Net Weight	11.5kgs	12kgs
OPERATING ENVIRONMENT		
Humidity	5% to 95% Relative Humidity(Non-condensing)	
Altitude	<2000m	
Operating Temperature	0°C - 55°C	
Storage Temperature	-15°C - 60°C	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Hope 3.3L-C1

3 um battery module

Datasheet	Hope 3.3L-C1
Battery Data	
Nominal Voltage	51.2V
Normal Capacity	3.3kWh
Usable Capacity	3kWh
Operating Voltage	48 ~ 57.6V
Rated Charging Current	32A
Rated Discharging Current	42.5A
Max. Discharging Power	3kW
Peak Discharging Power	4.3kW/5s
Max Charging Power	1.5KW
General Data	
Dimension (W/D/H)	445/131/400mm
Weight	29Kg
IP Protection	IP20
Working Temperature	-10°C~+55°C
Storage Temperature	-20°C~+45°C
Features	
DOD	93%
Cycle Life	>3500 (25°C, 60% SOH)
Parallel Connection	Max. 6packs
Communication Port	CAN2.0 / RS485
Warranty	5 Years
	IEC62619 , CE , UN38.3

Activar Windows
Ir a Configuración de PC a

ANEXO 11. Baterías

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ANEXO 12. Tablero Eléctricos para los equipos

legrand

Armarios metálicos Atlantic

IP 66 (1 puerta)

Cotas **(pág. 242)**
Equipamientos **(pág. 241)**

IP66 con una puerta de acuerdo a las normas IEC 60529, IK 10 según las normas IEC 62262 (EN 501 02).
Certificación UL (1 puerta Nema 4X) CSA, Bureau Veritas, TUV.
Revestimiento poliéster texturado (80 µ).
Excelente resistencia a la corrosión y a los agentes climáticos.
Un solo punto de cierre.
Puerta reversible, placa para perforarla en la base.
Autocentrado de los equipos. Regulación en profundidad opcional desde 600 (altura) x 600 (ancho).

RAL 7035

Suministrados con cerradura, y placa de montaje.

Emb.	Ref.	Dimensiones exteriores en mm alto x ancho x prof.	Peso (Kg)	N° de puertas
1	0 369 10	300 x 200 x 160(1)	4,2	1
1	0 369 17	400 x 300 x 200	6,5	1
1	0 369 18	500 x 400 x 200	9,7	1
1	0 369 19	600 x 400 x 200	10,7	1
1	0 369 25	500 x 400 x 250	10,7	1
1	0 369 26	600 x 400 x 250	12	1
1	0 369 64	600 x 600 x 250	16,3	1
1	0 369 30	700 x 500 x 250	16,5	1
1	0 369 31	800 x 600 x 250	18,8	1
1	0 369 32	1000 x 600 x 250	24	1
1	0 369 37	800 x 600 x 300	28,8	1
1	0 369 38	1000 x 600 x 300	33,3	1
1	0 369 39	1000 x 800 x 300	42	1
1	0 369 43	1200 x 800 x 300	49,6	1
		Armarios de profundidad 400 mm.		
1	0 369 45	1000 x 800 x 400(2)	45	1
1	0 369 46	1200 x 800 x 400(2)	57	1
1	0 369 50	1400 x 800 x 400(2)	64	1

(1) Sin entrada de cables.
(2) Para montaje autosoportado utilizar zócalo.

Ral 7035 puerta con visor

Vidrio templado teñido
Suministrados con pestillo, sin placa de montaje.

Emb.	Ref. Gris 7035	Dimensiones exteriores en mm. alto x ancho x prof.	Peso (Kg)	N° de puertas
1	0 369 27	400 x 300 x 200	6	1
1	0 369 28	500 x 400 x 200	8	1
1	0 369 36	600 x 400 x 250	10	1
1	0 369 40	700 x 500 x 250	15	1
1	0 369 47	800 x 600 x 300	25	1
1	0 369 49	1000 x 800 x 300	36	1

Zócalos monobloc Ral 7021

altura de zócalo: 200 mm.

Emb.	Ref.	Para armarios ancho x prof.(mm)	Peso (Kg)
1	0 363 41	800 x 400	10,2
1	0 363 43	1200 x 400	13,6

Puerta Interior RAL 7035 - Metálica

Se instalan directamente en el armario Atlantic
Atlantic Inox.
Chapa de acero; espesor 1.2 mm para alturas de hasta 700 mm, 1.5 mm alturas superiores.
Distancia entre la puerta del gabinete y la puerta interior: 63 mm.
Puerta Reversible.
Eje con bisagras imperdibles.
Cerradura de doble barra: 1 cerradura para alturas de hasta 600 mm y dos cerraduras para alturas superiores.
Recibe otro tipo de cilindros.
IP xxB.

Emb.	Ref.	Para envolventes	Dim (mm) alto x ancho	Dim Útiles (mm) alto x ancho
1	0 363 15	400 x 300	334 x 248	235 x 155
1	0 363 16	500 x 400	434 x 348	335 x 255
1	0 363 17	600 x 400	534 x 348	435 x 255
1	0 363 18	700 x 500	634 x 448	535 x 355
1	0 363 19	800 x 600	734 x 548	635 x 455

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Armarios compactos AE – AE 1057.500

created: 08.07.2022 on www.rittal.com/pe-es

Discontinued article.

Este artículo dejará de estar disponible a partir de: 30.09.2020 |||El artículo es sustituido por: 1057000

Descripción producto

Material:	Caja: chapa de acero Puerta: chapa de acero, junta continua de poliuretano inyectado
Superficie:	Caja y puerta: imprimación por inmersión, exterior texturizado, pintura estructurada Placa de montaje: galvanizada
Color:	RAL 7035
Grado de protección IP según IEC 60 529:	IP 66
Grado de protección NEMA:	NEMA 4
Código IK:	IK08
Unidad de envase:	Caja con puerta(s) con bisagras, cerrada en todo el contorno Placa(s) entrada de cables en el suelo de la caja Placa de montaje Cierre: doble paletón 3 mm
Material básico:	Chapa de acero

Descripción producto

Dimensiones:	Anchura: 500 mm Altura: 700 mm Profundidad: 200 mm

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 13. Radio modem

LTECube-CAT4GL

microhard

LTECube-CAT4GL 150 Mbps CAT4 LTE IoT Ethernet Gateway

The LTECube-CAT4GL was engineered for the small size, low cost, and power requirements of the IoT & M2M applications that are growing across the globe. The LTECube-CAT4GL provides robust and reliable 150 Mbps CAT4 LTE connections. The LTECube-CAT4GL features Ethernet, USB, and powerful VPN/GRE Tunneling Capabilities.

- CAT4 - 150 Mbps LTE
- Compact Design
- Low Cost!
- Gigabit Ethernet
- IPv6 & IPv4 Support
- USB 2.0 Port

New! Optional 802.11af POE Support!

Features

Only 1.75" x 1.75" x 1.35"!

- USB Powered (5V, 1.5A)
- Fast & Robust CAT4 LTE Operation
- Engineered for IoT Applications
- Low Cost & Low Power Consumption
- Up to 150 Mbps Downlink / 50 Mbps Uplink Over Air
- Data Usage & Systems Alerts (Email, SMS)
- Firewall with ACL Security, DMZ & Port Forwarding
- IPSec, GRE / VPN Tunneling
- 10/100/1000 Ethernet w/PoE
- Full IPv6 & IPv4 Support
- MQTT Support
- Wide Operating Temperature (-40°C to +85°C)
- User interface via SSH or HTTP/HTTPS web browser
- Microhard NMS Support

Can be USB powered!

IoT ◆ CAT4 LTE ◆ Secure Firewall ◆ Low Cost ◆ Gigabit Ethernet

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

LTECube-CAT4GL Specifications

Supported Bands	LTE FDD: B1,B2,B3,B4,B5,B7,B8,B12,B13, B18,B19,B20,B26,B28 TDD: B38,B39,B40,B41 WCDMA: B1,B2,B4,B5,B8,B6,B19 GSM: B2/B3/B5/B8
Cellular Data Features* *Module Standalone Laboratory Performance	LTE FDD: Up to 150 Mbps DL, 50 Mbps UL LTE TDD: Up to 130 Mbps DL, 35 Mbps UL DC-HSPA+: Up to 42 Mbps DL, 5.7 Mbps UL WCDMA: Up to 384 Kbps DL, 384 Kbps UL EDGE: Up to 296 Kbps DL, 236.8 Kbps UL GSM: Up to 107 Kbps DL, 85.6 Kbps UL
Ethernet	10/100/1000, Auto - MDI/X IEEE 802.3
USB	USB 2.0 USB Tethering
SMS	SMS to/from Ethernet via Telnet SMS Alerts SMS Remote Reboots
Carrier Connection	ICMP Keep Alive, DDNS
Network Protocols	IPv4, IPv6, TCP, UDP, TCP/IP, ARP, ICMP, DHCP, HTTP, SNMP, FTP, DNS, Modbus Slave (TCP), MQTT
Security	VPN, IPSec with IKE/ISAKMP; Multiple tunnel support (16); 3DES and up to 256-bit AES Encryption, Site to Site Tunneling, L2TP, Open VPN), GRE, HTTPS, RADIUS
Firewall	NAT, NAT-T VPN tunneling, Port forwarding, VPN/GRE pass-through; Access control lists (IP/MAC filtering), Data origin / integrity Authentication, DMZ
Management	Telnet, WebUI, SNMP V1/2/3, Wireless Upgrade (HTTP/FTP), RADIUS authentication, AT Command Interface (Telnet), Microhard NMS Support, Data Usage Alerts, SSH
Diagnostics	RSSI, Ec/No, Temperature, Remote diagnostics, Watchdog, UDP Event Reporting, SMS Alerts, Netflow

Input Voltage	5 - 30VDC PoE (Passive, Max 24V) USB Powered (5V, 1.5A)
Input Voltage (AF Option)	802.11af PoE Support (7 to 60V_{DC})
Connectors:	
Antenna	3x SMA Female (Main, Diversity, GPS)
Data	RJ-45 (Ethernet) 4 PIN Interlock (Vin)
USB	Micro-AB
SIM	Nano (4FF) 1.8 / 3.0V
Environmental	
Operating Temperature	-40°C to +85°C -40°F to +185°F
Humidity	5-95%, non-condensing
Weight	Approx. 105 grams
Dimensions	Approx. 1.75" x 1.75" x 1.35" (45mm x 45mm x 35mm)
Approvals	FCC/IC PTCRB RoHS Compliant

Order Options

Model	LTECube-CAT4GL
-AF	802.11af PoE

Contact Information

Copyright 2021 Microhard Systems Inc.
Specifications subject to change without notice.

Microhard Systems Inc.
150 Country Hills Landing N.W.
Calgary, AB, Canada T3K 5P3

Email: info@microhardcorp.com
Tel: (403) 248-0028
Fax: (403) 248-2762

microhard

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ANEXO 14. Convertidor de Red

User Manual

Revision 1.000
English

EtherNet/IP / Modbus TCP Slave - Converter

(Order Code: HD67663-A1)

For Website information:
www.adfweb.com?Product=HD67663

For Price information:
www.adfweb.com?Price=HD67663-A1

Benefits and Main Features:

- Very easy to configure
- Electrical isolation
- Two Ethernet ports (for Modbus TCP / EtherNet/IP)
- Temperature range: -40°C/+85°C (-40°F/+185°F)

For other EtherNet/IP products see also the following link:

Converter EtherNet/IP to

www.adfweb.com?Product=HD67077	**(M-Bus)**
www.adfweb.com?Product=HD67595	**(CAN)**
www.adfweb.com?Product=HD67597	**(DeviceNet Master)**
www.adfweb.com?Product=HD67598	**(DeviceNet Slave)**
www.adfweb.com?Product=HD67599	**(J1939)**
www.adfweb.com?Product=HD67589	**(NMEA 2000)**
www.adfweb.com?Product=HD67591	**(Modbus Master RS232)**
www.adfweb.com?Product=HD67591	**(Modbus Master RS485)**
www.adfweb.com?Product=HD67592	**(Modbus Slave RS232)**
www.adfweb.com?Product=HD67592	**(Modbus Slave RS485)**

Do you have your customer protocol? Then go to:
www.adfweb.com?Product=HD67003

Do you need to choose a device? Do you want help?
www.adfweb.com?Cmd=helpme

User Manual

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

CONNECTION SCHEME:

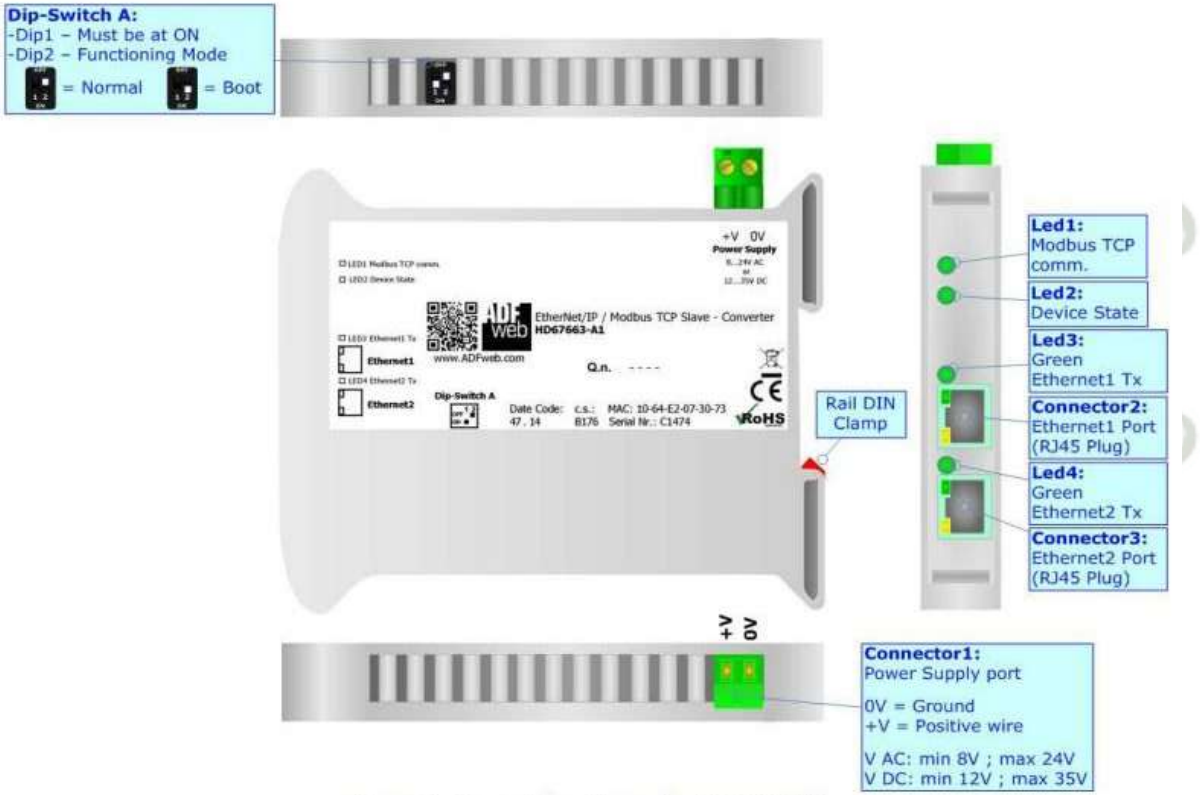


Figure 1: Connection scheme for HD67663-A1

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

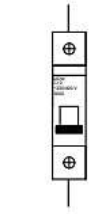
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 15. Interruptor Termomagnético 2 Polos 1A, 6A, 10A, 16A, 20A, 40A

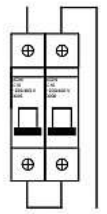
Datos Técnicos - Línea MDW

Datos Técnicos

Tensión máxima de operación U_e			440 V ca/250 V cc
Tensión mínima de operación U_e			24 V ca/cc
Tensión nominal de aislamiento U_i			500 V ca
Frecuencia			50/60 Hz
Corrientes nominales I_n			2 a 125 A
Capacidad de interrupción de cortocircuito	IEC 60898	127/220 V ca	(2 a 4 A) 1,5 kA, (6 a 125 A) 5 kA
		230/400 V ca	(2 a 4 A) 1,5 kA, (6 a 125 A) 3 kA
	IEC 60947-2	127/220 V ca	(2 a 4 A) 3 kA, (6 a 125 A) 5 kA
		230/400 V ca	(2 a 4 A) 3 kA, (6 a 125 A) 5 kA
		440 V ca	(2 a 4 A) 3 kA, (6 a 125 A) 4 kA
Capacidad de interrupción de cortocircuito en corriente continua I_{cu}, conforme la norma IEC 60947-2	48 V cc		(6 a 63 A) 10 kA[1]
	60 V cc		(6 a 63 A) 10 kA[1]
	125 V cc		(6 a 63 A) 5 kA[1] y 16 kA[2]
	250 V cc		(6 a 63 A) 10 kA[2]
Curvas de disparo			B (3 a 5 veces I_n)
			C (5 a 10 veces I_n)
Número de polos			1, 2, 3 y 4P
Vida eléctrica			4.000 maniobras
Temperatura ambiente[4]			-25 a 45 °C
Grado de protección			IP20
Capacidad de conexión	MDW (2 A - 63 A)		1 a 25 mm²
	MDW (70 A - 125 A)		10 a 35 mm²
Posición de montaje[3]			Sin restricción
Torque de apriete en los terminales	MDW (2 A - 63 A)		2,5 N.m
	MDW (70 A - 125 A)		3,5 N.m
Herramienta para conexión			Destornillador philips número 2
Fijación			Riel DIN 35 mm
Peso (kg)	Monopolar		0,105 (2 a 63 A); 0,155 (80 A, 125 A)
	Bipolar		0,210 (2 a 63 A); 0,315 (80 A, 125 A)
	Tripolar		0,315 (2 a 63 A); 0,475 (80 A, 125 A)
	Tetrapolar		0,420 (2 a 63 A); 0,630 (80 A, 125 A)



1- Conexión monopolar



2- Conexión bipolar en serie

Notas: 1) Conexión monopolar.
2) Conexión bipolar en serie.
3) Los interruptores magnetotérmicos MDW son desarrollados para facilitar la instalación en los tableros, ya que pueden ser alimentados por la parte superior o inferior, sin comprometer las características técnicas de los componentes.
4) Corriente nominal basada en una temperatura ambiente de 30 °C.

Referencia	Corriente	Curva	Código WEG
MDW-C2-2	2 A	C	10076383
MDW-C4-2	4 A	C	10076391
MDW-C6-2	6 A	C	10076399
MDW-C10-2	10 A	C	10076407
MDW-C16-2	16 A	C	10076415
MDW-C20-2	20 A	C	10076423
MDW-C25-2	25 A	C	10076431
MDW-C32-2	32 A	C	10076439
MDW-C40-2	40 A	C	10076447

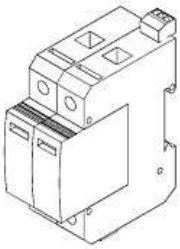
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO 16. Supresor contra descargas

2bgreen
Energía Sustentable



suntree

Ficha técnica
SUPRESOR DE PICOS DE VOLTAJE
Marca: Suntree
Modelo: SUP2-PV-500VCD

Descripción

El supresor de picos de voltaje de la serie SUP2-PV está caracterizado por indicadores visuales de fin de vida operativa y una salida opcional a través de un contacto que puede ser utilizado para implementar una alarma sonora o visual. Estos dispositivos están orientados para uso en sistemas fotovoltaicos y pueden ser aplicados en cualquier sistema fotovoltaico que cumpla con el IEC 60364-7-712.

Estos dispositivos integran una serie de módulos que garantizan un aislamiento eléctrico y seguro que previene incendios imputables a arcos de corriente directa (CD). Lo anterior se logra a través de un fusible de CD que permite reemplazo del cartucho sin la formación de arco eléctrico.

El indicador visual permite conocer la condición operativa del dispositivo (verde= operativo, rojo = requiere reemplazar cartucho). Además del indicador visual, se cuenta con la opción de señalamiento remoto a través del conector del "Interruptor P. Alarma", el cual implementa tres terminales que conmutan su condición cuando la vida del cartucho ha llegado a su final.

Especificaciones Técnicas:

Características eléctricas		
Voltaje nominal del sistema Fotovoltaico		500 Vcd
Tensión máxima de operación en el régimen continuo (MCOV)		630 Vcd
Polos		2 Polos
Prueba de clasificación		II
Voltaje máximo de Circuito Abierto (Uoc max)		630 Vcd
Corriente nominal – In (8/20)us		20 kA
Corriente máxima – Imax (8/20 us)		40 kA
Señal remota	Máximo voltaje de operación	250 Vca/30 Vcd
	Máxima corriente de operación	1 A
Cableado e instalación		
Capacidad de cable (calibre AWG)		14-6 AWG
Profundidad de terminal		10mm
Tornillo de ajuste		M5x10mm
Torque de ajuste mínimo		2.8-3.5 Nm
Altitud		<2000 msnm
Temperatura de operación		-3°C < T <+70°C
Humedad relativa		30%-90%
Montaje		Riel DIN 35 mm
Dimensiones		
Ancho		36 mm
Altura		90 mm
Largo		67.6 mm
Peso		0.24 kg

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL EN TIEMPO REAL DE COMPUERTAS EN CANALES DE REGADIO EN PUNTOS DE CONTROL, CHILI ZONA REGULADA, USANDO UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN CON ENERGÍA FOTOVOLTAI

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%	9%	0%	0%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uasf.edu.pe Fuente de Internet	7%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	www.koboldmessring.com Fuente de Internet	1%

Excluir citas	Apagado	Excluir coincidencias	< 1%
Excluir bibliografía	Apagado		