

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

**DISEÑO DE SISTEMA AUTÓNOMO PARA EQUIPOS HUMECTADORES DE TERRENO PARA LA
MINERÍA**

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

Alumno:

Raúl Domingo Arancibia Toledo

Profesor Guía:

Mag. Víctor Cárdenas Schweiger

2024

RESUMEN

KEYWORDS: AUTOMATIZACIÓN HUMECTADORES, RASPBERRY PI, HUMECTADORES MINERÍA.

Este trabajo de título se fundamenta en base al constante crecimiento de la automatización y el control automático en la gran minería.

Se procederá a detallar un diseño de sistema de humectación autónomo, para la gran minería, ayudando a cuidar el recurso hídrico y, además, hacer duradera esta alternativa de solución en el tiempo.

Uno de los principales fundamentos que posee este trabajo de título, radica en la necesidad de optimizar el recurso hídrico para un mejor uso y, a su vez, ayudar al medio ambiente con iniciativas ecológicas y autosustentables, que permiten día a día ser más eficiente en el uso de tal elemento vital, como lo es el agua.

Se detallará el paso a paso, desde la conceptualización del proceso a realizar, el respectivo de la propuesta de diseño y también se evaluarán los costos asociados a la implementación de este prototipo en la minería.

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado en gran medida al motor diario que tuve a lo largo de la duración de la carrera, a mi Pequeña gran familia, a mi Amada Esposa Alejandra, a mi princesa Elena y a mi príncipe Raúl Ignacio, que día a día, estuvieron alentándome a seguir adelante a pesar de las adversidades que se iban presentando a lo largo de este proceso académico.

Agradecimiento especial a mis padres, suegros y en general a toda la Familia Arancibia Ferrufino, que de alguna u otra manera, terminaban ayudándome en la logística diaria de mi pequeña familia, con el fin de poder estar en los horarios correspondientes, en la universidad y cumplir mis deberes como estudiante.

Agradecer también a los profesores de la carrera, que, en la mayoría de los casos, entendieron mis dificultades principalmente por temas de logística de traslado y además de trabajar en una zona geográfica, bajo la modalidad de turnos rotativos, sin embargo, siempre entendieron mi problemática y me ayudaron en la mayoría de las veces.

Con este trabajo de título, cierro una etapa académica en mi vida profesional, sin embargo, los desafíos a venir a futuro serán bien recibidos y abordados.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: PROBLEMAS Y OBJETIVOS	2
1 PROBLEMAS Y OBJETIVOS	3
1.1 ANTECEDENTES GENERALES	3
1.2 PROBLEMÁTICA	4
1.2.1 Descripción del problema	4
1.2.2 Importancia de resolverlo	8
1.2.3 Involucrados	8
1.3 PROPUESTAS DE SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	9
1.4 REQUERIMIENTOS	10
1.5 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	11
1.5.1 Alternativa N°1: “Mejora de infraestructura actualmente existente”	11
1.5.2 Alternativa N°2: “Automatización de sistema, sin obtención de datos y localmente”	11
1.5.3 Alternativa N°3: “Diseño de sistema autónomo para equipos humectadores de terreno”	12
1.6 EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	12
1.6.1 Alternativa seleccionada	13
1.7 OBJETIVOS	14
1.7.1 Objetivo general	14
1.7.2 Objetivos específicos	14
CAPÍTULO 2: DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA SOLUCIÓN	15
2 DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN	16
2.1 CONTROL AUTOMÁTICO	16
2.1.1 Valor deseado	18
2.1.2 Controlador	18
2.1.3 Planta proceso	18
2.1.4 Elementos de medición	18
2.1.5 Variable controlada	19

2.2	DISEÑO DE SOLUCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA PLANTEADA.....	19
2.3	EQUIPAMIENTO UTILIZADO EN EL DISEÑO DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN.....	19
2.3.1	Raspberry Pi 3.....	19
2.3.2	Switch Allen Bradley STRATIX 5700	21
2.3.3	Antena PTP CAMBIUM NETWORKS SERIE 600	22
2.3.4	Cámara IP Bosch Flexidome Starlight 7000:.....	24
2.3.5	Control de nivel hidrostático SITRANS LH 100 SIEMENS	25
2.3.6	Válvula de control solenoide 136-01/636-01:.....	27
2.4	DIAGRAMA DE RED A UTILIZAR	28
2.5	DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO.....	30
2.6	APLICACIONES UTILIZADAS PARA LA CONFIGURACIÓN E INTEGRACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE COMUNICACIONES.....	32
2.6.1	Node-RED (Dashboard)	32
2.6.2	PuTTY.....	33
2.6.3	Plataforma de video Bosch BVMS	33
2.7	CONFIGURACIÓN DE DISPOSITIVOS.....	34
2.7.1	Configuración de Switch de comunicaciones Allen Bradley Stratix 5700.	35
2.7.2	Configuración de Antenas Punto Cambium Networks.....	36
2.7.3	Configuración de Cámara IP Bosch Flexidome Starlight 7000	37
2.7.4	Configuración de Raspberry PI	37
2.7.5	Configuraciones de red del sistema de comunicaciones integrado.....	37
2.7.6	Escalamiento de sensor hidrostático SITRANS LH 100 SIEMENS	39
2.8	DISEÑO DE PROTOTIPO CONTROL Y MONITOREO EN NODE-RED.....	41
2.8.1	Acceso página web Node-RED	42
2.8.2	Página de inicio aplicación Node-RED	42
2.8.3	Monitoreo de estanque de agua Dashboard Node-RED	43
2.8.4	Accionamiento remoto de electroválvulas	43
2.8.5	Visualización de cámaras web de punto de carga de agua	44
2.8.6	Notificación de Inicio de funcionamiento del servicio	44
CAPÍTULO 3:	EVALUACIÓN DE COSTOS.....	45
3	EVALUACIÓN DE COSTOS	46

3.1	COSTOS ASOCIADOS AL DISEÑO DEL SISTEMAS EN HH.....	46
3.1.1	Costos relacionados al estudio del sistema e integración.....	46
3.1.2	Costos relacionados al diseño de las soluciones propuestas	47
3.1.3	Costos asociados a la ejecución del proyecto	47
3.1.4	Costos asociados a ejecución de pruebas funcionales del diseño	48
3.2	COSTOS DE COMPONENTES UTILIZADOS EN EL DISEÑO DEL SISTEMAS	52
3.3	COSTO TOTAL DEL DISEÑO DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN.....	55
3.4	PLAN DE MANTENCIÓN DE SERVICIO POST-INSTALACIÓN.	55
3.5	JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN	59
3.6	BENEFICIOS DE LA SOLUCIÓN	61
CONCLUSIONES		62
BIBLIOGRAFÍA		63
ANEXOS		64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.- Vista panorámica de proyecto Chuquicamata, Calama.	3
Figura 1-2.- Estanque de almacenamiento de agua mezclada con polvo químico.	5
Figura 1-3.- Estanque de almacenamiento de agua industrial.	6
Figura 1-4.- Válvula de accionamiento manual para realizar el llenado de equipos humectadores de terreno.	6
Figura 1-5.- Punto de recarga de agua para equipos de humectadores de terreno	7
Figura 1-6.- Camiones humectadores de terreno, comúnmente llamados Camión Aljibe.	7
Figura 2-1.- Esquema conceptual básico del control automático.	17
Figura 2-2.- Tarjeta de desarrollo Raspberry PI 3	20
Figura 2-3.-Switch Allen Bradley STRATIX 5700	22
Figura 2-4.- Antena Punto a punto Cambium Networks modelo 54600	23
Figura 2-5.- Cámara IP Bosch Flexidome Startlight 7000.....	24
Figura 2-6.-Control de nivel SITRANS LH 100 SIEMENS	26
Figura 2-7.- Válvula de control solenoide 136-01/636-01	27
Figura 2-8.- Diagrama de red final Diseño de humectadores de terreno.....	29
Figura 2-9.- Diagrama de bloques de funcionamiento al momento de estar ubicado el camión humectador en el punto de carga de agua.	31
Figura 2-10.- Aplicación Node-RED.....	32
Figura 2-11.- Ejemplo de conexión de aplicación PuTTY	33
Figura 2-12.- Sistema de monitoreo BVMS.....	34
Figura 2-13.- Configuración de interfaces de red y asignación de Vlan en switch de comunicaciones.....	36
Figura 2-14.- Diagrama demostración de comunicaciones de red del proyecto.....	38

Figura 2-15.- Prueba de comunicación desde computador de sala de control de red CCTV a cámara IP instalada en el sector de carga de agua.	38
Figura 2-16.- Prueba de comunicación desde computador de sala de control red SCVA a Raspberry PI mediante servidor WEB Node-RED.....	39
Figura 2-17.- Página de inicio de Dashboard de Sistema.....	42
Figura 2-18.- Página de inicio de Dashboard de Sistema.....	43
Figura 2-19.- Accionamiento individual de cada electroválvula del proceso.	43
Figura 2-20.- Visualización de cámaras de proyecto PMCHS, en plataforma de video Bosch.	44
Figura 3-1.- Carta Gantt de las actividades consideradas en el proyecto.....	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Requerimientos del proyecto.....	10
Tabla 1-2. Escala de calificación de alternativas.....	12
Tabla 1-3. Análisis de alternativas de solución.....	13
Tabla 2-1. Principales especificaciones técnicas Raspberry pi 3B.	21
Tabla 2-2. Principales especificaciones técnicas de Switch Allen Bradley STRATIX 5700.	22
Tabla 2-3. Principales especificaciones técnicas Cambium Networks modelo 54600.	23
Tabla 2-4. Principales especificaciones técnicas Cámara IP Bosch Flexidome Startlight 7000.25	
Tabla 2-5. Principales especificaciones técnicas control de nivel SITRANS LH 100.....	26
Tabla 2-6. Principales especificaciones técnicas válvula solenoide 136-01/636-01.	28
Tabla 2-7. Escalamiento de señal sensor hidrostático en estanque de 20.000 Lts.	40
Tabla 2-8. Escalamiento de señal sensor hidrostático en estanque de 1.000 Lts.	41
Tabla 3-1. Tabla de cálculos de valor HH para cada trabajador.....	50
Tabla 3-2. Resumen de costos mano de obra.....	51
Tabla 3-3. Resumen de costos de componentes electrónicos.	53
Tabla 3-4. Resumen de costos materiales e insumos.....	54
Tabla 3-5. Resumen de los costos finales de este proyecto.	55
Tabla 3-6. Tabla de costos plan de mantención.....	57
Tabla 3-7. Continuación de tabla de costos plan de mantención.....	58
Tabla 3-8. Costo de material necesario a adquirir para diseño de la alternativa de solución. 60	

SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS

A. SIGLA

BVMS	:	Bosch video manager service
CCTV	:	Circuito cerrado de televisión.
CODELCO	:	Corporación nacional del cobre de Chile.
CPU	:	Central Processing Unit.
GPIO	:	Entrada-salida de propósito general
GPU	:	Unidad de procesamiento gráfico.
HDMI	:	Interfaz multimedia de alta definición
HH	:	Hora hombre.
IIEE	:	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
PLC	:	Controlador lógico programable.
PMCHS	:	Proyecto Minero Chuquicamata Subterránea.
PTP	:	Punto a punto.
PTZ	:	Pant-tilt-Zoom.
RAM	:	Memoria de acceso aleatorio.
SCVA	:	Sistema control ventilación & aguas.
SFTP	:	Protocolo de transferencia segura de archivos.
SSH	:	Protocolo Shell seguro.
USB	:	Universal serial bus.
UV	:	Ultravioleta.
VP	:	Vicepresidencia de Proyectos.
WIFI	:	Wireless Fidelity.

B. SIMBOLOGÍA

A	:	Amperios
°C	:	Grados Celsius
dBi	:	Decibeles isotrópico
dBm	:	Decibeles milivoltios
DC	:	Corriente Continua.
Gb	:	Gigabyte
Ghz	:	Gigahertz
IP66	:	Grado de protección 66 (polvo y agua)
Lts	:	Litros
mA	:	Mili Amperios
Mhz	:	Megahertz
MP	:	Megapixel
PoE	:	Alimentación sobre ethernet.
Psi	:	libras por pulgada cuadrada
RJ45	:	Registered Jack 45
Tb	:	Terabyte
V	:	Voltios

INTRODUCCIÓN

La necesidad de preservar los recursos naturales del planeta y el constante aumento del cambio climático hace replantear las diversas opciones que se tienen para poder ayudar a concientizar el apoyo del ser humano en soluciones definitivas ante este eventual proceso geológico.

Es importante que la concientización por las generaciones futuras esté siempre presente, debido a que cada vez que va transcurriendo el tiempo, como es posible observar día a día por los medios de comunicaciones, están siendo insertados en un mundo más degradado debido al mismo hombre, que no toma las medidas necesarias para poder resguardar el planeta y asegurar una óptima calidad de vida a los descendientes que están por venir.

Dentro de las posibles ayudas e ideas que se pueden plantear, analizar y proponer, siempre estará el correcto uso del recurso hídrico en todos los quehaceres diarios, como así también, en procesos productivos de diversa índole, como lo son los riegos eficientes de terrenos de plantaciones de vegetaciones, como frutas, verduras y también en vegetación ornamental, cualquier pequeño cambio que se pueda realizar o mejorar, siempre estará en directa relación a nuestras generaciones futuras, las cuales estarán cada día más insertas en estas buenas prácticas de uso del recurso hídrico.

Ante esta necesidad se procederá a plantear una idea concreta para las faenas mineras, que ayude a utilizar de mejor manera los recursos hídricos cada vez más limitados, sacando así un mejor aprovechamiento de estos con el complemento de la tecnología y ayudando de gran manera a no desperdiciar grandes cantidades de agua en labores repetitivas que se realizan de manera diaria.

CAPÍTULO 1:

PROBLEMAS Y OBJETIVOS

1 PROBLEMAS Y OBJETIVOS

A continuación, se pasará a detallar los antecedentes generales de la problemática a resolver.

1.1 ANTECEDENTES GENERALES

La zona norte de Chile siempre ha sido un lugar próspero en cuanto a tradiciones mineras, los más grandes proyectos de minería se encuentran ubicados, la mayoría, en los áridos desiertos de este extenso territorio, principalmente para explotar los recursos que son entregados por el planeta. Dentro de las principales materias primas que se extraen de esta próspera tierra, se encuentra en gran medida el cobre, agregando últimamente el litio.

Es en estas tierras de la zona norte de Chile, específicamente en la región de Antofagasta, ciudad de Calama, existe una localidad totalmente minera, llamada Chuquicamata. (Figura 1-1).

Esta localidad, cuenta con uno de los proyectos mineros, más importantes y productivos para el país, el cual es llamado Chuquicamata Subterránea.



Fuente: Elaboración propia obtenida de Google Earth.

Figura 1.1.- Vista panorámica de proyecto Chuquicamata, Calama.

1.2 PROBLEMÁTICA

La necesidad de automatizar procesos de las diversas áreas productivas del país, son necesarios para una mejor eficiencia de estos mismos, la tecnología bien usada, permite realizar mejoras y adaptaciones según las necesidades y requerimientos de los clientes.

Para conceptualizar este proyecto, es necesario repasar las condiciones extremas que se presentan en la zona norte de Chile, en este caso en la región de Antofagasta, específicamente en la ciudad de Calama.

Existen diversos proyectos mineros en esta gran zona minera, todos propensos a climas extremos de día, como lo son las elevadas temperaturas durante todo el año, las cuales son amortiguadas, en su gran mayoría, por fuertes vientos que están presente durante todo el año.

La mezcla de estos dos componentes de la naturaleza, como lo es el viento y el calor, hacen que las condiciones del suelo en la mayor parte del día están secas, haciendo el terreno propenso a la sequedad de diversos caminos mineros, tanto como en caminos en superficie, como también en los caminos de proyectos de mineras subterráneas, como es el caso del proyecto minero Chuquicamata subterráneo.

Es por este motivo, que, en la mayoría de los proyectos mineros, siempre existe una necesidad constante de mantener humectados los principales caminos de desplazamiento de los vehículos que transitan en el proyecto.

1.2.1 Descripción del problema

El principal problema que se evidencia en terreno es que, debido a las condiciones extremas de la zona norte, la humectación de los caminos de servicios vehiculares se ve constantemente interrumpida por las condiciones secantes de la zona.

Es por este motivo, que es necesario agregar aditivos que permite una duración más prolongada de la humectación que van realizando los diversos camiones aljibes de la empresa contratista de cada proyecto minero.

La mezcla de este aditivo con el agua es totalmente a discreción del operador de turno, rellenando a criterio de este la cantidad necesaria para una correcta humectación del terreno.

Al realizar este proceso de manera totalmente aleatoria, no se está mezclando de manera correcta, tanto el polvo químico, llevando así de esta manera, un desperdicio de agua, como así también del polvo químico.

Este proceso, se realiza en 2 estanques de almacenamiento independientes. En un estanque de 1000 litros, se mezcla el aditivo en polvo, con 1000 litros aproximadamente de agua. (Ver Figura 1-2).



Fuente: Elaboración propia basada en las necesidades del proyecto.

Figura 1-2.- Estanque de almacenamiento de agua mezclada con polvo químico.

En la Figura 1-3 se puede visualizar el principal estanque almacenador de agua industrial, que permite tener siempre un nivel propicio para estar rellenando periódicamente los camiones humectadores de terreno el agua industrial, para posterior llenado de equipo de regadío.



Fuente: Elaboración propia basada en las necesidades del proyecto.

Figura 1-3.- Estanque de almacenamiento de agua industrial.

Al momento de llegar un operador de camión humectador de turno, este procede a realizar la activación de un interruptor independiente para cada estanque de agua, los cuales, en primera instancia, realiza el llenado de agua industrial y también la solución mezclada en el estanque de menor dimensión que es el de 1000 litros.

En la Figura 1-4 se puede visualizar la válvula manual que tienen que estar manipulando, cada vez que se necesita realizar la recarga de agua. Además, en la Figura 1-5 se pasa a visualizar, una estación tipo de recarga de agua industrial, las cuales están instaladas en terreno.



Fuente: Elaboración propia basada en las necesidades del proyecto.

Figura 1-4.- Válvula de accionamiento manual para realizar el llenado de equipos humectadores de terreno.



Fuente: Elaboración propia basada en las necesidades del proyecto.

Figura 1-5.- Punto de recarga de agua para equipos de humectadores de terreno

Estas recargas de agua varían en función de los camiones humectadores que tenga la empresa contratista, generalmente, tienen una capacidad aproximada de 10000 lts, como se puede apreciar en la Figura 1-6.



Fuente: Elaboración propia basada en las necesidades del proyecto.

Figura 1-6.- Camiones humectadores de terreno, comúnmente llamados Camión Aljibe.

Un detalle muy importante del proceso de llenado de los camiones es que no se tiene contabilizado los recursos utilizados en las diferentes etapas del proceso, perdiendo el control de los suministros actualmente ocupados, como así también la productividad de los operadores y camiones aljibes.

Analizada la problemática actualmente planteada, sería de gran utilidad el poder monitorear este proceso constantemente, para así poder obtener parámetros de interés de los entes involucrados, como lo son la cantidad de vueltas de los equipos, niveles de los estanques de almacenamiento, tiempo de funcionamiento de las bombas de agua, entre otros parámetros a definir en este proyecto.

1.2.2 Importancia de resolverlo

La importancia en resolver este problema va orientado a la necesidad de aprovechar de mejor manera los recursos hídricos que son utilizados en la mayoría de las grandes mineras de Chile, ya sean de entidades privadas, como de entidades directamente administradas por entidades gubernamentales, como es el caso de CODELCO.

Resolver este tipo de desafíos ayudaría directamente a proyectos mineros de la zona norte de Chile, ya que de esta manera el recurso hídrico, sería mejor utilizado y aprovechado en su gran mayoría.

1.2.3 Involucrados

Dentro de los principales beneficiados que serán abordados al momento de resolver este proyecto, están los directamente relacionados a la empresa contratista que se adjudique la licitación respectiva el servicio de mantenimiento de aguas y caminos de los diferentes proyectos mineros.

En este caso, los principales beneficiados al desarrollar esta propuesta de solución se pasarán a mencionar a continuación:

- Vicepresidencia de proyectos Codelco: principal cliente interesado en optimizar los procesos productivos de la minera Chuquicamata subterránea. Al dar una propuesta de diseño de solución duradera en el tiempo, ésta perduraría a medida que avanza el proyecto siempre y cuando, se realice su respectivo ciclo de mantenimiento periódico.
- Operador Sala de Control: será el encargado del accionamiento remoto, desde un lugar remoto, apoyando el proceso productivo de este servicio, además de llevar el conteo de la cantidad de vueltas y recargas de los camiones, sirviendo estos datos históricos para cuantificar de mejor manera los beneficios que este proyecto llevaría en el proceso diario de abastecimiento de estos equipos regadores.
- Empresa contratista: se refiere a la empresa encargada del servicio de mantención de sistemas de aguas y además de caminos mineros, la constante humectación del terreno, al ser más precisa el mezclado del polvo químico con el agua, ayudará a nivel monetario, haciendo mucho más eficiente este proceso.
- Operador de camión Aljibe: se simplificaría en gran medida, la responsabilidad del operador del camión aljibe, llevando solo al terreno de operar el equipo en sí y no estar pendiente a la manipulación de cargar el agua al equipo, disminuyendo en sí, el tiempo de desplazamiento y la fatiga corporal del conductor.

1.3 PROPUESTAS DE SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

Para poder dar una propuesta de solución se necesita crear un diseño del sistema automatizado, facilitando de esta manera la carga y mezcla del agua, además de ayudar para la contabilización de este proceso, utilizando la infraestructura y tecnología de comunicaciones ya insertas en el proyecto minero.

1.4 REQUERIMIENTOS

Para dar un propuesta efectiva y bien elaborada de la solución que se necesita llevar a cabo, se deben evaluar diversos aspectos, tanto geográficos, logísticos y también el costo monetario que llevaría la solución a diseñar. A continuación, en la tabla 1-1, se presentan aspectos relevantes a considerar en este presente proyecto:

Tabla 1-1. Requerimientos del proyecto

N°	Proyecto	Descripción	Requerimientos
1	Diseño de sistema autónomo para equipos humectadores de terreno para la minería	Diseñar un sistema que permita automatizar labores rutinarias al momento de realizar el llenado de camiones humectadores de terreno, además de llevar un conteo efectivo de los recursos hídricos utilizados y otros datos históricos como lo son el conteo de vueltas de los equipos.	Simplicidad al utilizar el sistema
			Aprobación por parte de la Vicepresidencia de proyectos de Codelco la propuesta a desarrollar
			Materiales y recursos para utilizar en el desarrollo del proyecto
			Duración en el tiempo de la propuesta tecnológica
			Costos asociados a la implementación del proyecto
			Tiempo de implementación del proyecto

Fuente: Elaboración propia basada en las necesidades del proyecto.

1.5 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

A continuación, se pasará a detallar 3 posibles alternativas de solución que llevarán a solucionar la problemática planteada anteriormente.

1.5.1 Alternativa N°1: “Mejora de infraestructura actualmente existente”

Una posible alternativa de solución sería mejorar la infraestructura existente localmente, utilizando la tecnología actualmente instalada en terreno y solo manteniendo lo mínimo necesario para el funcionamiento diario de cada operador de turno. Esta alternativa de solución sería la más rápida de implementar, sin embargo, se continuaría con la infraestructura actualmente existente, sin realizar grandes cambios relevantes y manteniendo el servicio en funcionamiento.

1.5.2 Alternativa N°2: “Automatización de sistema, sin obtención de datos y localmente”

Otra de las alternativas de solución que se analizarán, es la posibilidad de automatizar el sistema actualmente existente, sin realizar ninguna interconexión a otra red de datos existentes actualmente, de alguna manera quedaría instalado este sistema de manera única en el lugar anteriormente analizado, que sería la ubicación donde actualmente se realiza el carguío del líquido que termina siendo depositado en los camiones humectadores.

Toda la infraestructura actualmente existente, se tendría que modernizar a esta solución planteada, trayendo de por sí su ingeniería específica, sin embargo, se perdería la capacidad de recolección de métricas y parámetros de interés para las partes involucradas.

1.5.3 Alternativa N°3: “Diseño de sistema autónomo para equipos humectadores de terreno”

Para esta alternativa de solución, se necesitaría realizar mejoras considerables, para dar un buen y preciso funcionamiento de este diseño, idealmente que perdure en el tiempo, con el respectivo mantenimiento y así hacer más eficiente el quehacer diario de los operadores de camiones aljibes.

En esta propuesta de solución, la infraestructura de control instalada en terreno se integraría a la red de datos ya existente en el proyecto, teniendo directa interacción con la sala de control del proyecto PMCHS.

Al ser métricas y parámetros que son solicitados constantemente por el mandate Codelco VP. Estos parámetros, datos e históricos obtenidos de las mediciones diarias medidas, estarían disponibles en una pantalla informativa para el caso que sean requeridas.

1.6 EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

A partir de las alternativas de solución anteriormente planteadas y detalladas, se procederá a realizar un análisis respectivo de cada caso. Las cuales se pasarán a analizar en una escala de calificación de 1 a 5, en donde 1 corresponde “Muy deficiente” y 5 corresponde “Óptimo”. Esto se puede ver en la tabla 1-2.

La suma de cada criterio evaluado otorgará una puntuación final a cada alternativa de solución propuesta, donde la solución que obtenga la mayor puntuación será la seleccionada en este caso, para ser desarrollada.

Tabla 1-2. Escala de calificación de alternativas.

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

Fuente: Elaboración propia en base a escala de evaluación.

Dentro de los criterios que se serán evaluados para cada una de las alternativas de solución, anteriormente propuestas, está el ítem innovación, el cual hace referencia al grado de sofisticación que tendrá la alternativa planteada, en las áreas mineras y en general en las industrias, la innovación es un nivel o grado que siempre se está buscando alcanzar. Un punto también muy relevante, son los beneficios que traería implementar la solución evaluada, analizando sus ventajas y desventajas.

Otro punto por analizar es la eficiencia y como la idea analizada aporta a realizar más eficiente y efectivo el proceso anteriormente estudiado.

En la mayoría de las empresas de la industria, el ítem Costo, siempre tiene relevancia, ya que a menor costos asociados para los mandantes, más atractiva es la solución.

A continuación, en la tabla 1-3, se pasa a detallar la puntuación obtenida por cada una de las alternativas de solución, además de destacar en color verde, la opción, que suma la mayoría de los puntos y en este caso, es la alternativa elegida.

Tabla 1-3. Análisis de alternativas de solución.

Característica/Alternativa	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Innovación	1	3	5
Beneficios	1	2	5
Eficiencia	3	4	5
Costo de implementación	5	4	3
Puntuación total	12	14	18

Fuente: Elaboración propia basada en comparación de alternativas.

1.6.1 Alternativa seleccionada

En función del análisis anteriormente realizado, como así también de la calificación obtenida para cada alternativa o propuesta de solución. Para este caso, la alternativa que reúne la mayor cantidad de criterios de evaluación para una solución efectiva, duradera y que ayude al día a día de las personas involucradas, es la alternativa seleccionada es la Alternativa

Nº3: “Diseño de sistema autónomo para equipos humectadores de terreno”, la cual será desarrollada a lo largo de este proyecto.

1.7 OBJETIVOS

A continuación, se pasará a detallar tanto el objetivo general que se pretende llevar a cabo, como así también, a cada uno de los objetivos específicos que se necesitan desarrollar para cumplir a cabalidad la propuesta a desarrollar.

1.7.1 Objetivo general

Como objetivo general de este proyecto, se encuentra el diseño de un sistema autónomo para equipos humectadores de terreno.

1.7.2 Objetivos específicos

Dentro de los objetivos específicos a cumplir durante el desarrollo de este proyecto están los siguientes:

- Diseño de red de control para integración de sistema autónomo de humectación de terreno, con red industrial de la sala de control.
- Diseño de arquitectura de red de datos inalámbrica, para cumplir las necesidades del proyecto.
- Diseño de prototipo de sistema autónomo aplicable a proyectos mineros.
- Desarrollo de pantalla informativa con métricas diarias de los parámetros a visualizar, según el interés del cliente.
- Evaluación de los costos asociados a una futura implementación del diseño realizado.

CAPÍTULO 2: DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA SOLUCIÓN

2 DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

Para continuar con el desarrollo de la alternativa de solución elegida, a lo largo de este capítulo, se explicará el diseño del sistema que dará la efectiva solución a las problemáticas anteriormente detalladas durante el capítulo número uno, como así también, cumplir los diversos objetivos, tanto general como específicos.

2.1 CONTROL AUTOMÁTICO

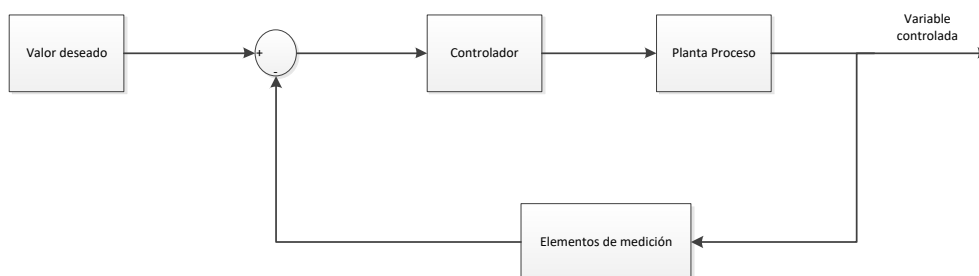
El control automático, se pasa plantea siempre, como una necesidad de tener bajo parámetros totalmente establecidos, una medición, un proceso o una variable. Esta acción y la suma de todas estas actividades ayudan a controlar procesos y hacer de estos mucho más eficientes y disminuyendo notoriamente la necesidad de contar con una intervención de terceros para mantener siempre, bajo márgenes totalmente configurables, una actividad inestable.

Si se enfoca directamente en los procesos productivos de la minería, los controles automáticos, en la mayoría de las veces consta de los siguientes tópicos, los cuales, trabajando en conjunto, permite obtener un sistema de control totalmente automatizado.

- Sistema automatizado: cada vez que sea necesario realizar la automatización de una tarea repetitiva, será complementado con factores tecnológicos que, en la mayoría de los casos, son dispositivos de red finales, los cuales permiten estar en constante control de un proceso o tarea que estemos automatizando.
- Monitoreo de sistema automatizado: el monitoreo constante del sistema a automatizar permite tener el control durante gran parte del tiempo. Este monitoreo o supervisión constante, puede ser apoyado con herramientas tecnológicas de supervisión.
- Cámaras de seguridad: las cámaras de seguridad del proceso a automatizar permiten estar visualizando en todo momento la condición actual en terreno del sistema a ser controlado.

- Alarmas: cualquier alarma que es visualizada al monitorear el sistema de control automatizado, permite realizar un diagnóstico de fallas mucho más asertivo y de esta manera una pronta solución será canalizada prontamente.
- Sala de control: al estar siendo supervisada en todo momento, ante cualquier inconveniente que se pudiese originar en terreno, la sala de control puede entregar información relevante al personal de terreno para tener una pronta resolución de cualquier anomalía.
- Accionamiento a distancia: Para el accionamiento a distancia de cualquier proceso, estos pueden ser realizados desde cualquier dispositivo de red final, como lo son, computadores, tablets, teléfonos celulares, entre otros. Siempre y cuando exista el correcto enrutamiento de las comunicaciones desde el sistema automatizado a los diversos dispositivos finales anteriormente señalados.
- Energía eficiente: en la mayoría de las tareas a automatizar, siempre existirá la premisa, de realizar un uso y gestión eficiente de los recursos a automatizar, como lo podría ser, eficiencia en el tiempo y en la ejecución de la tarea diaria, evitando esfuerzos humanos repetitivos y ahorrando recursos tecnológicos.

En el esquema que se logra visualizar en la Figura 2-1, se detallan los diferentes conceptos que se deben entender y manejar para poder implementar de manera eficiente un control de procesos básico y que este sea totalmente automatizado.



Fuente: Elaboración propia basado en las necesidades del proyecto.

Figura 2-1.- Esquema conceptual básico del control automático.

2.1.1 Valor deseado

En el control automático, el valor deseado pasa a ser el valor final que se espera obtener desde un principio, por ejemplo, se fija la velocidad estimativa a la que el camión humectador de terreno, será recargado en las paradas habilitadas, será un valor netamente en función de las necesidades del operador de turno. Finalmente, este valor deseado, es el que se quiere obtener como resultado, antes de realizar todo el procesamiento respectivo del proceso.

2.1.2 Controlador

En el control automático, el controlador es el elemento central de este mismo sistema automático, es el equipo o dispositivo encargado de recibir la diversa información o señales procesadas y en base a esa toma de decisiones internas del proceso, generar las distintas señales de salida para mantener o regular el proceso en sí mismo, según las configuraciones realizadas y los resultados deseados. La estrategia de funcionamiento para esta alternativa de solución será un control ON-OFF, el que será activado en función de las necesidades el proceso.

2.1.3 Planta proceso

En el control automático, una vez recibidas las distintas señales de entrada del proceso, como lo es el valor deseado, estos son procesados bajo modelos matemáticos los cuales entregan resultados respectivos y con estos el sistema de control realiza una toma de decisiones en función de la programación o lógica interna programada, para que en base al valor de la señal medida, se reaccione de la manera deseada por el controlador.

2.1.4 Elementos de medición

En el control automático, los elementos de medición son fundamentales para obtener información precisa sobre las variables físicas que se están monitoreando. Estos elementos

convierten las magnitudes físicas en señales eléctricas que pueden ser procesadas por los sistemas de control. En esta alternativa de solución, el elemento de medición será un sensor hidrostático.

2.1.5 Variable controlada

En control automático, las salidas son los resultados finales de todo este proceso de interacción de los diversos componentes del sistema de control automático. Finalmente es el resultado esperado de todo el proceso y trayendo con este procesamiento que el proceso sea totalmente automático.

2.2 DISEÑO DE SOLUCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA PLANTEADA

En la siguiente sección, se pasará a mencionar detalladamente, cada uno de los pasos necesarios para poder llevar a cabo el diseño de la alternativa de solución planteada, dentro de los cuales se visualizará el respectivo diagrama de red, equipamiento a utilizar, diagrama de funcionamiento, aplicaciones utilizadas para la configuración e integración de los dispositivos de comunicación, configuración de dispositivos y el diseño de prototipo y sus funcionalidades.

2.3 EQUIPAMIENTO UTILIZADO EN EL DISEÑO DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

Dentro del equipamiento a utilizar, se pasará a detallar el equipamiento necesario para lograr llevar a cabo el diseño respectivo de la alternativa de solución a diseñar.

2.3.1 Raspberry Pi 3

Esta pequeña tarjeta de desarrollo, visualizada en la Figura 2-2, cuenta con variadas opciones de configuración asociadas al control y accionamiento a distancia.

Actualmente permite realizar la instalación de múltiples aplicaciones de todo ámbito, de programación, procesamiento de datos, entre otros.

Dentro de las principales características que permiten que esta tarjeta de desarrollo sea idónea para llevar a cabo este diseño, es el costo accesible en comparación a la adquisición de PLC industriales.

Además, esta tarjeta de desarrollo, ya se ha implementado anteriormente dentro del mismo proyecto, para realizar mediciones y obtenciones de parámetros en terreno, sin tener inconvenientes y demostrando su robustez como sistema integrado.

En el apartado de anexos se agregan tanto la hoja técnica de especificaciones como las características más relevantes de esta placa de desarrollo.



Fuente: <https://www.raspberrypi.org/app/uploads/2017/05/Raspberry-Pi-3-Ports-1-1833x1080.jpg>

Figura 2-2.- Tarjeta de desarrollo Raspberry PI 3

Además, en la Tabla 2-1, se pasa a visualizar las principales características de este dispositivo de control.

Tabla 2-1. Principales especificaciones técnicas Raspberry pi 3B.

Información general	Modelo	Raspberry pi 3B
Procesador	Procesador	ARM Cortex A53
	Frecuencia CPU	1.4 GHz
	Numero de core	4
RAM	Tamaño de la memoria	1 GB
GPU	Chipset gráfico	VideoCore IV
Sistema de conexión	Tipo de alimentación	4 puerto USB 2.0, 1 HDMI hembra, 1x RJ45 Hembra
	Conexión adicional	1xGPIO 40 pins
Comunicación	Norma(s) red	WIFI, Ethernet10/10/1000 Mbps, Bluetooth 4.2

Fuente: Elaboración propia, basadas en las características del dispositivo.

2.3.2 Switch Allen Bradley STRATIX 5700

Este switch de comunicaciones de la marca Allen Bradley, el cual se visualiza en la Figura 2-3, está orientado a soluciones de comunicaciones robustas para ambientes extremos, como lo son la gran minería. Posee múltiples puertos de red para conectar variados dispositivos de red, como lo son cámaras IP, PLC, Switch de comunicaciones, Access Point, entre otros, como así también la interconexión de red vía módulos SFP para ser compatibles con la fibra óptica.



Fuente: https://res.cloudinary.com/triples/image/upload/f_auto,q_auto/v1599239471/p_1783-BMS10CGN_default_1

Figura 2-3.-Switch Allen Bradley STRATIX 5700

A continuación, en la tabla 2-2, se pasa a detallar las principales características de este dispositivo de comunicaciones.

Tabla 2-2. Principales especificaciones técnicas de Switch Allen Bradley STRATIX 5700.

Información general	Item	Características
Stratix 5700 switch Administrable	Comunicación	8 x RJ45 Hembra 10/100, 2 x RJ45 Hembra 10/100/1000 modo SFP
	Energización	0.5 a 2.0 A Max, 12 a 48v DC. Alimentación redundante.
	Administración	1 x Consola, Administración Web, telnet, SSH
	Temperatura funcionamiento	-40°C a 60°C
	Alarmas	indicadores Led, de funcionamiento y eventos.

Fuente: Elaboración propia, basadas en las características del dispositivo.

2.3.3 Antena PTP CAMBIUM NETWORKS SERIE 600

Este modelo de antenas PTP de la marca Cambium Networks, visualizada en la Figura 2-4, ofrece alternativas de solución robustas para ambientes extremos, de bastante viento y además de alta exposición a radiación UV. La particularidad de este enlace es la gran robustez del sistema, otorgando una opción duradera en el tiempo, para poder estar en constante

monitoreo y control de los diversos sistemas de comunicaciones. Para poder realizar la configuración de este par de antenas, se debe definir una antena como Maestro y la otra antena como esclavo.



Fuente: https://www.cambiumnetworks.com/wp-content/uploads/2017/09/Spec_PTP_600_Jan2013.pdf

Figura 2-4.- Antena Punto a punto Cambium Networks modelo 54600

Dentro de las principales características de funcionamiento de esta antena PTP inalámbrica, se encuentran las siguientes (tabla 2-3).

Tabla 2-3. Principales especificaciones técnicas Cambium Networks modelo 54600.

Información general	Ítem	Característica
Cambium Networks modelo 54600	Frecuencia	5.470-5.725 GHz.
	funcionamiento	Configuración de canal 5-30 MHz.
	Poder de transmisión	hasta 25 dBm
	Ganancia	hasta 168 dB con una antena de 23dBi
	Protocolo	IEEE 802.3
	Velocidad de transmisión	hasta 300 Mbps con un canal de 30 MHz
	interfaz de red	Ethernet 10/100/1000 Base T RJ45
	alimentación	PoE 36-60v DC, 55 watt Max

Fuente: Elaboración propia, basadas en las características del dispositivo.

2.3.4 Cámara IP Bosch Flexidome Starlight 7000:

Este modelo de cámaras IP visualizada en la Figura 2-5, su principal fuerte es la alta disponibilidad en condiciones de la gran minería, con certificación IP65, la cual permite estar funcionando de óptima manera en condiciones de alta temperatura, además de poseer un gran ángulo de visión, además de una óptima resolución, esta cámara IP, es la que se instala por normativa de la Vicepresidencia de proyectos de Codelco, ya que permite ser integrada al sistema central de CCTV de la plataforma de la misma marca Bosch. Esta cámara IP, no tiene un control orientado o movimiento PTZ.



Fuente: <https://commerce.boschsecurity.com/es/es/FLEXIDOME-IP-starlight-7000-VR/p/20826946443/>

Figura 2-5.- Cámara IP Bosch Flexidome Startlight 7000

Dentro de las principales características de funcionamiento de esta cámara IP, se encuentra las siguientes (tabla 2-4).

Tabla 2-4. Principales especificaciones técnicas Cámara IP Bosch Flexidome Startlight 7000.

Información general	Item	Característica
Cámara IP Bosch Flexidome Startlight 7000	Resolución	1920x1080: 2MP aproximados
	Grabación	Grabación continua, grabación circular, grabación de alarma, eventos y planificación.
	Almacenamiento	Admite tarjeta hasta 32 GB microSDHC / 2 TB microSDXC
	Protección contra agua y polvo	IP66
	Temperatura funcionamiento	-30°C a 50°C
	interfaz de red	Ethernet 10/100/1000 Base T RJ45
	alimentación	PoE 36-60v DC, 55 watt Max

Fuente: Elaboración propia, basadas en las características del dispositivo.

https://resources-boschsecurity-cdn.azureedge.net/public/documents/NIN_7300_Data_sheet_esES_22459002123.pdf

2.3.5 Control de nivel hidrostático SITRANS LH 100 SIEMENS

Para realizar la medición de los niveles de ambos estanques del proceso, se utilizará el siguiente sensor de inmersión para la medición de los 2 tipos de líquido del proceso (Ver Figura 2-6).

En el apartado de anexos, se pasa a detallar la información más técnica de los parámetros de funcionamiento de este sensor de nivel.

El rango de funcionamiento de este dispositivo está entre los 4-20 mA.



Fuente: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/cl/Catalog/Product/?mlfb=7MF1572-....>

Figura 2-6.-Control de nivel SITRANS LH 100 SIEMENS

Dentro de las principales características de funcionamiento para este sensor de nivel, se encuentran las siguientes (tabla 2-5).

Tabla 2-5. Principales especificaciones técnicas control de nivel SITRANS LH 100

Información general	Item	Característica
Válvula de control solenoide 136-01/636-01	Señal de salida	4-20 mA
	Temperatura funcionamiento agua	-10°C a 80°C
	Grado protección agua y polvo	IP65
	Energización	10 a 33 VDCz

Fuente: Elaboración propia, basadas en las características del dispositivo.

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/998/109764998/att_1056587/v1/sitransp_lh100_fi01_es.pdf

2.3.6 Válvula de control solenoide 136-01/636-01:

Para realizar el accionamiento y el respectivo inicio de llenada de los camiones humectadores de terreno, se considera utilizar la siguiente electroválvula solenoide 136-01/636-01 (ver Figura 2-7), de las proporciones de 3 pulgadas, debido a la infraestructura de funcionamiento del agua industrial del proceso, la cual está totalmente equipada en función de esta última medida detallada.

Para el control asociado a las electroválvulas y una posterior interconexión de estas con dispositivo raspberry pi, es necesario realizar la instalación y energización de un contactor de 220V y además un módulo relé también de 220V, el cual será el medio de conexión directa al dispositivo de red de control, que en este caso es la raspberry PI.



Fuente: <https://www.cla-val.com/waterworks/flow-control-valves/136-01-636-01>

Figura 2-7.- Válvula de control solenoide 136-01/636-01

Dentro de las principales características de funcionamiento de esta electroválvula, se encuentran las siguientes (tabla 2-6).

Tabla 2-6. Principales especificaciones técnicas válvula solenoide 136-01/636-01.

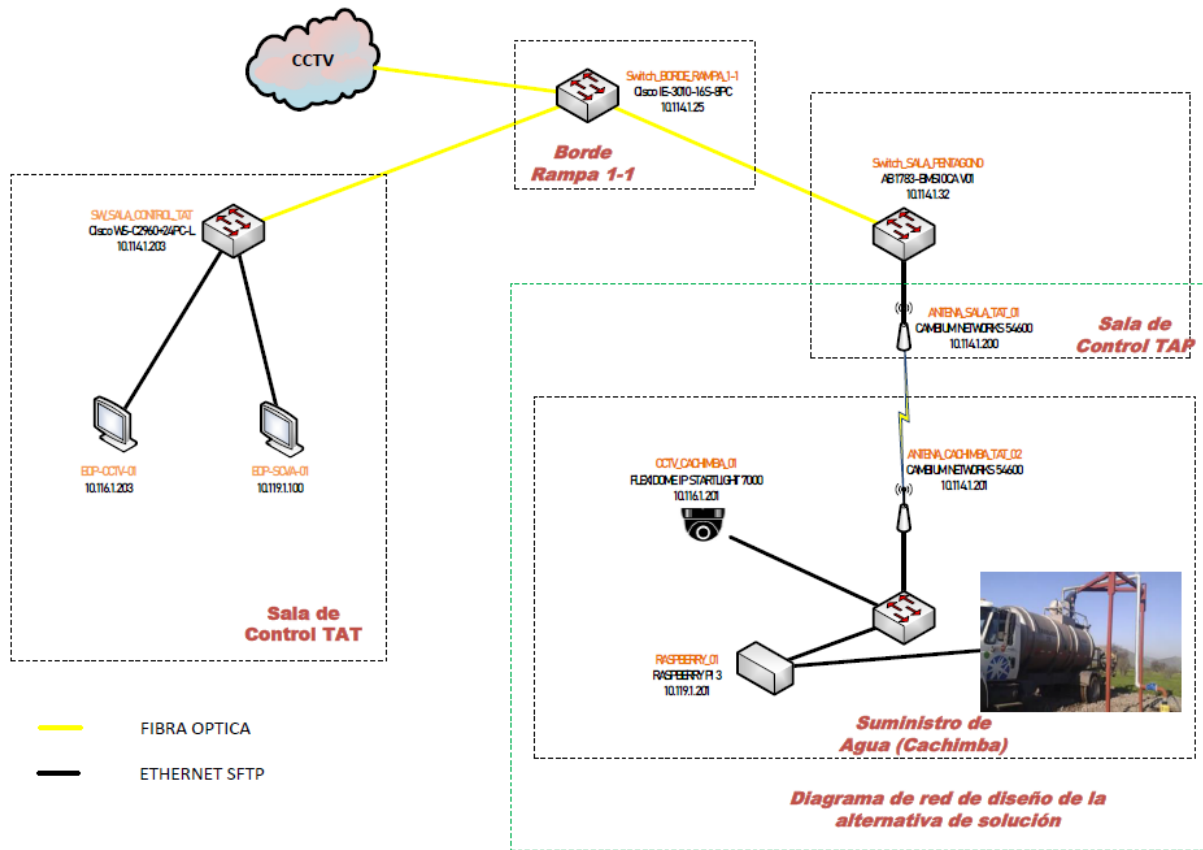
Información general	Item	Característica
Válvula de control solenoide 136-01/636-01	Presión	máxima 200 psi
	Temperatura funcionamiento agua	hasta 80°C
	Tipo de fluidos soportados	agua, aceite
	Energización	110/220v 50Hz AC
		24/120/240/480 60 Hz AC
		6/12/24/120/240 DC

Fuente: Elaboración propia, basadas en las características del dispositivo.

2.4 DIAGRAMA DE RED A UTILIZAR

Para poder dar una solución óptima, a los requerimientos planteados en el capítulo número uno, es necesario realizar la siguiente arquitectura de red, la cual se logra visualizar en la Figura 2-8, con el fin de poder incorporar esta solución al sistema integrado de la sala de control.

En esta propuesta de solución y debido al lugar remoto en el que se encuentran las estaciones de carguío de agua, la factibilidad técnica para mantener la comunicación del sistema, ésta debe estar soportada por un sistema de comunicaciones inalámbricas PTP.



Fuente: Creación propia en base a las necesidades del proyecto.

Figura 2-8.- Diagrama de red final Diseño de humectadores de terreno.

Este diagrama de red contempla 2 partes fundamentales dentro del diseño de la alternativa de solución. La infraestructura de red ya existente de los sistemas visualizados en la sala de control y la infraestructura de red que se agregaría en el diseño de red complementado.

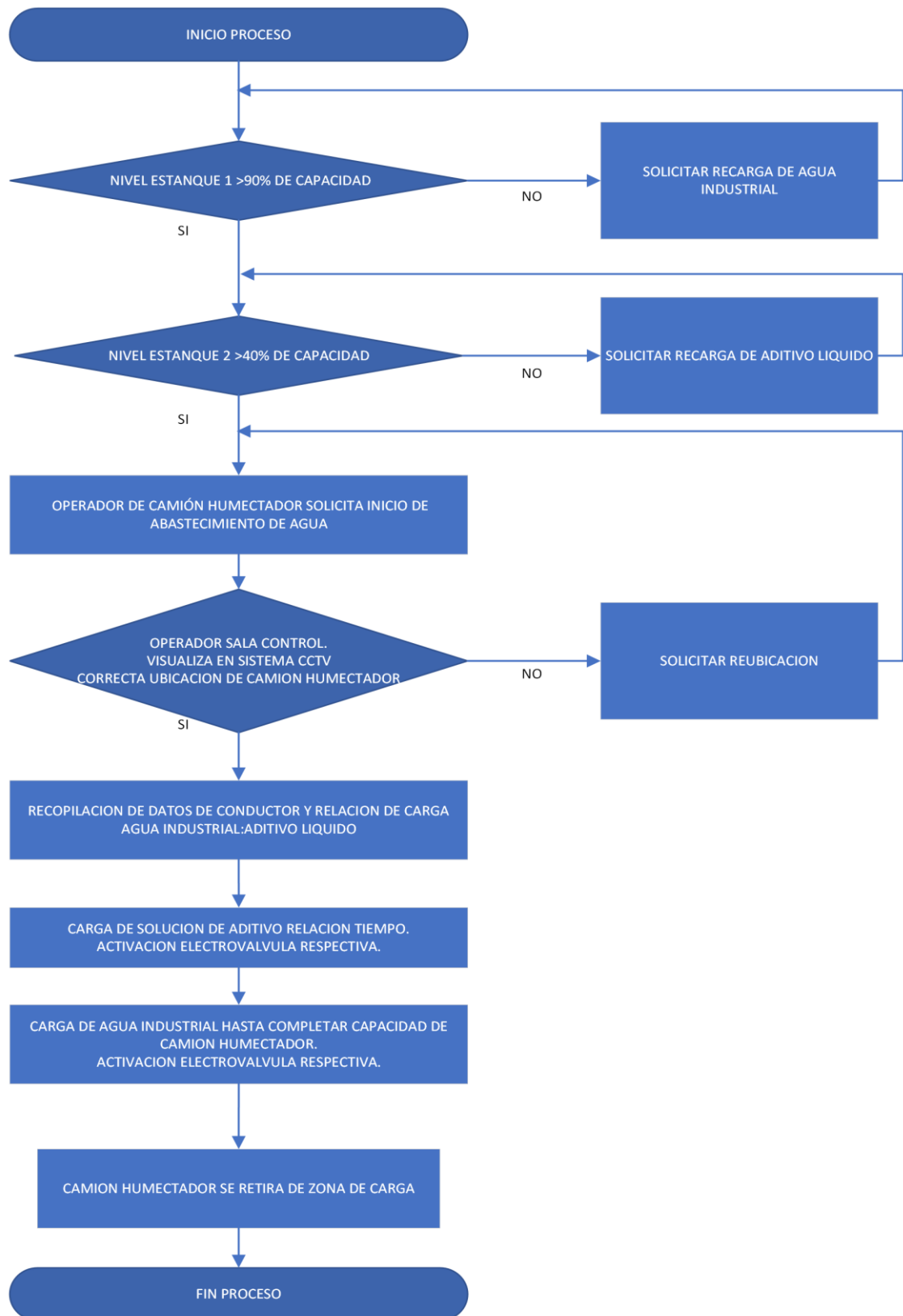
Dentro de los sistemas actualmente visualizados en la sala de control, se encuentra:

- sistemas CCTV
- sistemas de intercomunicadores de emergencia,
- sistema de control de ventilación & aguas
- sistemas de detección de presencia
- entre otros sistemas asociados a entregar servicios de internet a las diversas empresas contratistas.

El presente diseño de la implementación del sistema de humectadores de terreno, se agregaría a la red ya existente, tanto la cámara IP, el par de antenas inalámbricas , como así también la Raspberry PI, se agregaría a la red respectiva asociada a cada servicio de red respectivo, la cámara IP al sistema integrado CCTV del proyecto de minera Chuquicamata subterránea, las antenas inalámbricas punto a punto, al sistema de comunicaciones del mismo proyecto de minera Chuquicamata subterránea y la Raspberry PI, al sistema de control de ventilación & aguas del proyecto mismo.

2.5 DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO

A continuación, en la Figura 2-9, se detalla el diagrama de funcionamiento de la alternativa de solución desarrollada a lo largo de este trabajo de título. En sí, el siguiente diagrama de funcionamiento, es aplicable a cualquier dispositivo de control a ser utilizado y detalla el diagrama de bloques de funcionamiento de la solución, al momento de estar el camión humectador ubicado en la estación de carga de agua.



Fuente: Creación propia en base a las necesidades del proyecto

Figura 2-9.- Diagrama de bloques de funcionamiento al momento de estar ubicado el camión humectador en el punto de carga de agua.

2.6 APLICACIONES UTILIZADAS PARA LA CONFIGURACIÓN E INTEGRACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE COMUNICACIONES

A continuación, se pasará a detallar las aplicaciones necesarias para realizar las diversas configuraciones de cada uno de los dispositivos a ser utilizados.

2.6.1 Node-RED (Dashboard)

Para la realización de este diseño de alternativa de solución respectiva, se realizará la instalación e integración de la aplicación NODE-RED al sistema operativo Raspbian de la Raspberry PI, mencionada anteriormente.

Para realizar la instalación y configuración inicial de la aplicación Node-RED, es necesario realizar la instalación del sistema operativo, para lo cual, se utiliza la aplicación “Raspberry Pi Imager” (ver Anexo “Instalación de Sistema Operativo Raspbian”). La versatilidad de esta aplicación de control, totalmente integrada a las características de la tarjeta de desarrollo Raspberry Pi, permite un constante monitoreo de diversas variables a configurar según sea la necesidad de cada proyecto a ser controlado, además de ofrecer una constante actualización y publicación de nuevas aplicaciones a ser totalmente integradas a la plataforma intuitiva de Node-RED (Ver Figura 2-10).

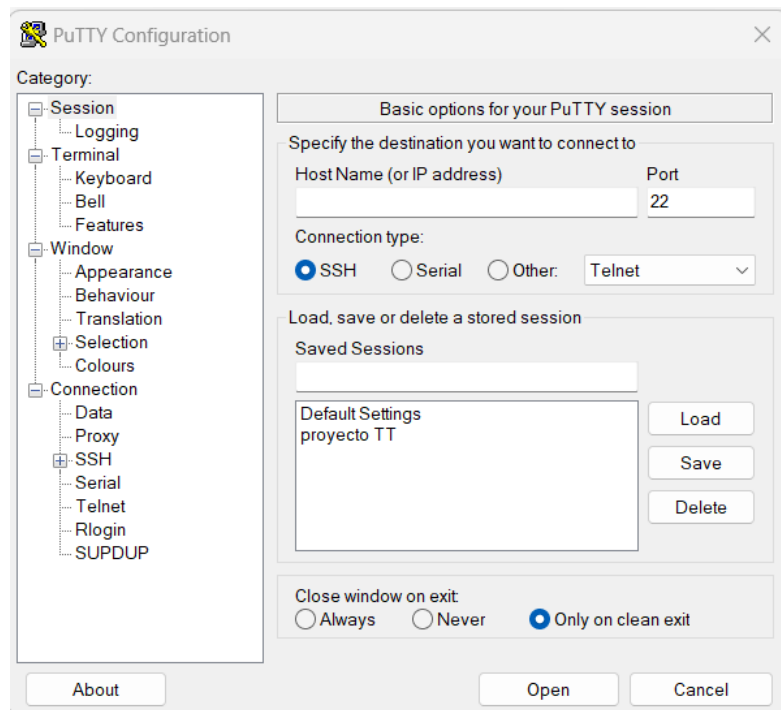


Fuente: <https://nodered.org/>

Figura 2-10.- Aplicación Node-RED

2.6.2 PuTTY

Para la configuración de los Switch de comunicaciones, es necesaria la utilización de una aplicación para conexiones remotas a estos dispositivos de red. Dentro de las principales opciones de conexión de esta aplicación, están la de conexión vía protocolo de Telnet, SSH y también conexión vía serial RS-232. Además, esta aplicación es de código abierto y de libre disposición para ser descargada y ser utilizada (ver Figura 2-11).



Fuente: Elaboración propia capturada de aplicación Putty

Figura 2-11.- Ejemplo de conexión de aplicación PuTTY

2.6.3 Plataforma de video Bosch BVMS

La plataforma de video Bosch BVMS, es una solución robusta y totalmente configurable a las necesidades del cliente, en este caso, las cámaras IP Start light modelo 7000, de la misma marca Bosch, son cámaras que cumplen los requisitos de funcionamiento del sistema en monitoreo.

Esta aplicación, permite tener acceso a registro de grabaciones (en función de la capacidad del disco duro de servidor CCTV) de manera totalmente nítidas, además de ofrecer un soporte 24/7 en cuanto a la marca, ante eventualidades no programadas. En la Figura 2-12, se logra apreciar el funcionamiento actual del sistema de monitoreo BVMS en el proyecto minero Chuquicamata subterráneo.



Fuente: Creación propia capturada de la aplicación BVMS en proyecto MCHS.

Figura 2-12.- Sistema de monitoreo BVMS.

2.7 CONFIGURACIÓN DE DISPOSITIVOS

A continuación, se pasará a detallar las configuraciones realizadas en los dispositivos y también en el equipamiento a ser utilizados, en el diseño de este proyecto.

2.7.1 Configuración de Switch de comunicaciones Allen Bradley Stratix 5700.

A continuación, se pasará demostrar las principales configuraciones a realizar para llevar a cabo la implementación de las comunicaciones para este diseño de la alternativa de solución:

- Asignación de parámetros de red, como lo son la dirección IP, máscara de subred y puerta de enlace, según diagrama de red del diseño del proyecto.
Dirección IP: 10.114.1.100
Máscara de subred: 255.255.255.0
Puerta de enlace: 10.114.1.1
- Configuración de seguridad básica de autenticación según protocolos del proyecto minero, como lo son creación de usuario y asignación de contraseña.
- Se procede a asignar un nombre al dispositivo de comunicación “SW_ESTANQUES_AGUA”
- Creación de Redes virtuales para sistemas de comunicaciones a implementar en el diseño del proyecto: Vlan 201: CCTV, Vlan 99: Administración, Vlan 501: SCV&A.

Estas redes virtuales que se crean en los switchs de comunicaciones ya están totalmente siendo utilizadas en el proyecto en sí y pasan a integrarse al sistema de comunicaciones y datos de la infraestructura de red.
- Asignación y configuración de interfaces para conexión de Cámara IP, Raspberry PI y antena Inalámbrica.

En la Figura 2-13, se logra visualizar un resumen de las diversas interfaces de red configuradas en el switch de comunicaciones.

SW_ESTANQUE_AGUA#SH INTERfaces STATUS						
Port	Name	Status	Vlan	Duplex	Speed	Type
Fa0/1	CAMARA IP	connected	201	auto	auto	10/100BaseTX
Fa0/2	SRV-NODE-RED	connected	501	auto	auto	10/100BaseTX
Fa0/3		notconnect	1	auto	auto	10/100BaseTX
Fa0/4		notconnect	1	auto	auto	10/100BaseTX
Fa0/5		notconnect	1	auto	auto	10/100BaseTX
Fa0/6		notconnect	1	auto	auto	10/100BaseTX
Fa0/7		notconnect	1	auto	auto	10/100BaseTX
Fa0/8		notconnect	1	auto	auto	10/100BaseTX
Gig0/1	ENL-SALA-TAT	connected	trunk	auto	auto	10/100BaseTX
Gig0/2		notconnect	1	auto	auto	10/100BaseTX

Fuente: Creación propia basada en captura de pantalla de conexión a switch de comunicaciones.

Figura 2-13.- Configuración de interfaces de red y asignación de Vlan en switch de comunicaciones.

En el apartado de anexos, se incluye el archivo de configuraciones del switch, el cual cuenta con todas las configuraciones a estos equipos.

2.7.2 Configuración de Antenas Punto Cambium Networks

A continuación, se pasará a detallar las principales configuraciones a realizar para llevar a cabo la implementación de las comunicaciones para este diseño de la alternativa de solución:

- Asignación de parámetros de red, como lo son la dirección IP, máscara de subred y puerta de enlace, según diagrama de red del diseño del proyecto.
Dirección IP: 10.114.1.201 y 10.114.1.202
Máscara de subred: 255.255.255.0
Puerta de enlace: 10.114.1.1
- Configuración de seguridad básica de autenticación según protocolos del proyecto minero, como lo son creación de usuario y asignación de contraseña.
- Enlace y sincronización de enlace PTP. (Ver Anexo CONFIGURACIÓN DE ANTENAS PUNTO A PUNTO TIPO, en el cual se visual la imagen respectiva de las antenas enlazadas).

2.7.3 Configuración de Cámara IP Bosch Flexidome Starlight 7000

A continuación, se pasará a detallar las principales configuraciones a realizar para llevar a cabo la implementación de las comunicaciones para este diseño de la alternativa de solución:

- Asignación de parámetros de red, como lo son la dirección IP, máscara de subred y puerta de enlace, según diagrama de red del diseño del proyecto.

Dirección IP: 10.116.1.201

Máscara de subred: 255.255.255.0

Puerta de enlace: 10.116.1.1

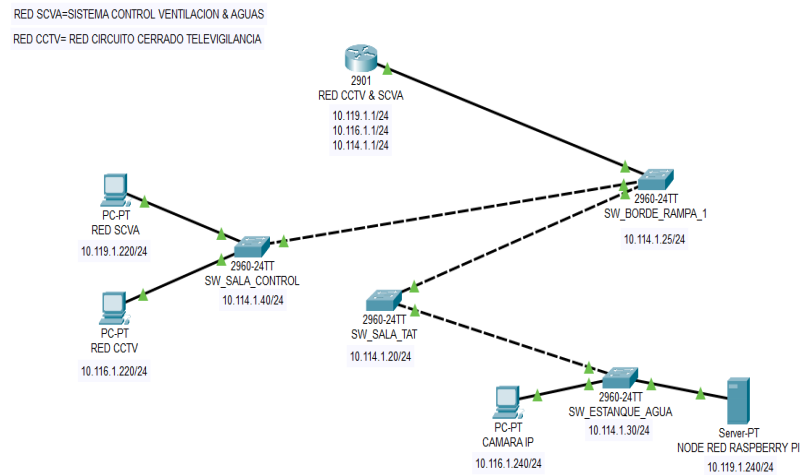
- Configuración de seguridad básica de autenticación según protocolos del proyecto minero, como lo son creación de usuario y asignación de contraseña.
- Integración de cámara IP Bosch a sistema integrado de visualización de cámaras CCTV del proyecto.

2.7.4 Configuración de Raspberry PI

Realizada la instalación de la aplicación Node-Red, es necesario realizar la instalación de las dependencias o actualización iniciales, para así dar un correcto inicio del sistema operativo, la cual se realiza ejecutando los siguientes comandos en la consola de administración del mismo sistema operativo. Ver (Anexo INSTALACION DE SISTEMA OPERATIVO RASPBERRY PI).

2.7.5 Configuraciones de red del sistema de comunicaciones integrado

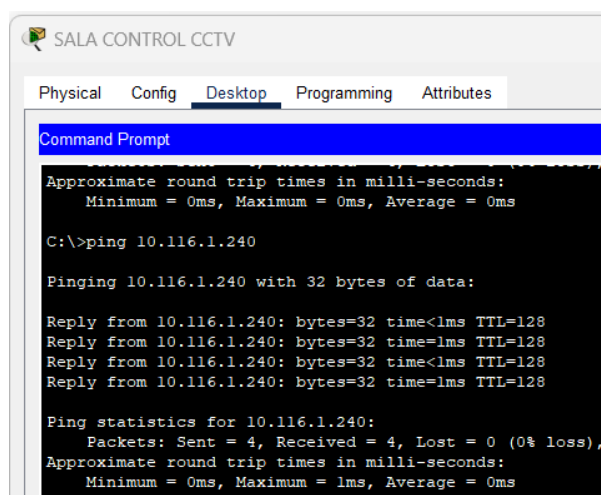
A continuación, en la Figura 2-14, se pasará a detallar una simulación de configuración de red, de todos los dispositivos de red anteriormente indicados, como son los switches de comunicaciones, antenas punto a punto, cámara IP, Raspberry PI. Estas configuraciones de red realizadas están simuladas con las configuraciones de red del proyecto y son visualizadas en la sala de control de operaciones, en su respectiva estación de trabajo.



Fuente: Creación propia con Aplicación Packet Tracer

Figura 2-14.- Diagrama demostración de comunicaciones de red del proyecto

Para complementar las configuraciones, en la siguiente Figura 2-15, se visualiza la comunicación extremo a extremo, desde el computador RED CCTV a la cámara IP a instalar en terreno, además en la Figura 2-16, se visualiza la comunicación desde el computador RED SCVA, el cual tiene comunicación directa con la Raspberry PI a instalar en terreno. Para este último caso, se realiza la simulación de un servidor web de Node Red, el cual está siendo visualizado desde la estación de trabajo de la Red SCVA.



Fuente: Creación propia con Aplicación Packet Tracer

Figura 2-15.- Prueba de comunicación desde computador de sala de control de red CCTV a cámara IP instalada en el sector de carga de agua.



Fuente: Creación propia con Aplicación Packet Tracer

Figura 2-16.- Prueba de comunicación desde computador de sala de control red SCVA a Raspberry PI mediante servidor WEB Node-RED

2.7.6 Escalamiento de sensor hidrostático SITRANS LH 100 SIEMENS

Para realizar la respectiva configuración del sensor hidrostático SITRANS LH 100 SIEMENS, es necesario tener en cuenta el rango de funcionamiento de este dispositivo, ya que la señal emitida, está en el rango de los 4-20mA, ante lo cual es necesario realizar, un respectivo escalamiento de la señal, en función de la altura del estanque de almacenamiento de agua.

A continuación, se detalla el cálculo realizado para el escalamiento de la señal para los 2 estanques de agua, tanto para el estanque de 20.000 lts, visualizado en la Tabla 2-7, como también para el estanque de 1.000 lts, visualizado en la Tabla 2-8.

Tabla 2-7. Escalamiento de señal sensor hidrostático en estanque de 20.000 Lts.

ESTANQUE 20.000 LTS		
Altura de estanque en cms	mA	Litros
0	4	0
31,25	5	1.250
62,50	6	2.500
93,75	7	3.750
125,00	8	5.000
156,25	9	6.250
187,50	10	7.500
218,75	11	8.750
250,00	12	10.000
281,25	13	11.250
312,50	14	12.500
343,75	15	13.750
375,00	16	15.000
406,25	17	16.250
437,50	18	17.500
468,75	19	18.750
500,00	20	20.000

Fuente: Elaboración propia basada en cálculos de proporción de nivel de estanque.

Tabla 2-8. Escalamiento de señal sensor hidrostático en estanque de 1.000 Lts.

ESTANQUE 1000 LTS		
Altura estanque en cms	mA	Litros
0	4	0
7,18	5	62,5
14,36	6	125
21,54	7	187,5
28,72	8	250
35,90	9	312,5
43,08	10	375
50,26	11	437,5
57,44	12	500
64,62	13	562,5
71,80	14	625
78,98	15	687,5
86,16	16	750
93,34	17	812,5
100,52	18	875
107,70	19	937,5
115,00	20	1.000

Fuente: Elaboración propia basada en cálculos de proporción de nivel de estanque.

2.8 DISEÑO DE PROTOTIPO CONTROL Y MONITOREO EN NODE-RED

A continuación, se pasará a detallar las diversas funcionalidades del diseño de la alternativa de solución.

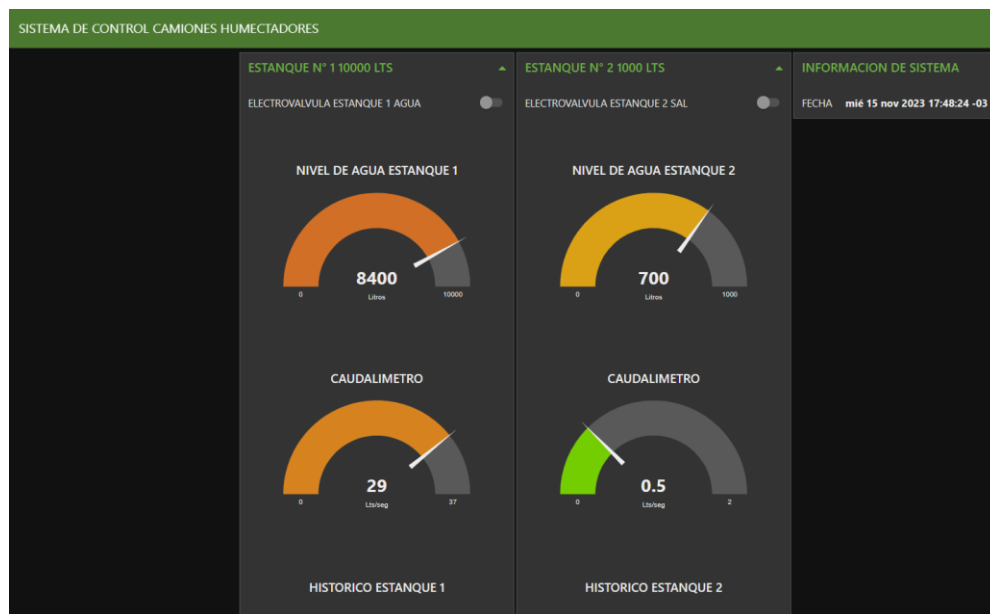
2.8.1 Acceso página web Node-RED

El acceso a la página inicial de monitoreo de los diversos sistemas de control a ser supervisados, se logran visualizar en el siguiente enlace, el cual variará en función de la dirección ip que tenga asignada el servidor de la aplicación, que generalmente, es donde se realiza la instalación de la aplicación, teniendo la siguiente la nomenclatura.

<http://ip-del-computador-que-se-instala-node-red:1880/ui>

2.8.2 Página de inicio aplicación Node-RED

La página de inicio, como se puede visualizar en la Figura 2-17, es la encargada de entregar las métricas de funcionamiento actual del sistema de monitoreo, el cual indica las variables calculadas y que son necesarias para realizar el correcto monitoreo del sistema en todo tiempo.

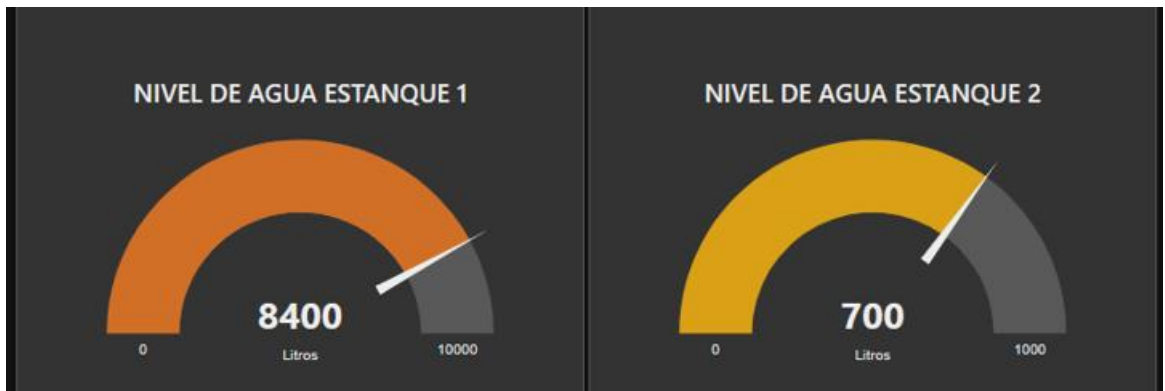


Fuente: Elaboración propia capturada de Dashboard aplicación Node-RED

Figura 2-17.- Página de inicio de Dashboard de Sistema

2.8.3 Monitoreo de estanque de agua Dashboard Node-RED

En la sección de monitoreo de estanques, tanto el estanque número 1 y estanque número 2, están siendo constantemente actualizados, en función de los parámetros obtenidos de la lectura de cada sensor de nivel Hidrostático a instalar en terreno, en función del diseño del prototipo de la alternativa de solución. (ver figura 2-18).



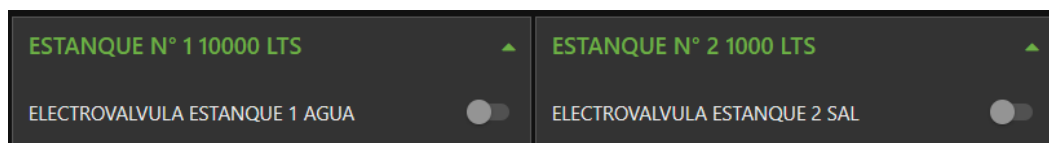
Fuente: Elaboración propia capturada de Dashboard aplicación Node-RED

Figura 2-18.- Página de inicio de Dashboard de Sistema

2.8.4 Accionamiento remoto de electroválvulas

El accionamiento a distancia de la electroválvula de llenado de los camiones humectadores de terreno detallados para este diseño de alternativa de solución.

Existen 2 interruptores remotos, los cuales permiten el accionamiento a distancia de estas 2 electroválvulas. La electroválvula de 3 pulgadas será accionada utilizando el botón “ELECTROVALVULAS ESTANQUE 1 AGUA” y la electroválvula de 1 pulgada, será accionada utilizando el botón “ELECTROVALVULA ESTANQUE 2 SAL”. (Figura 2-19).

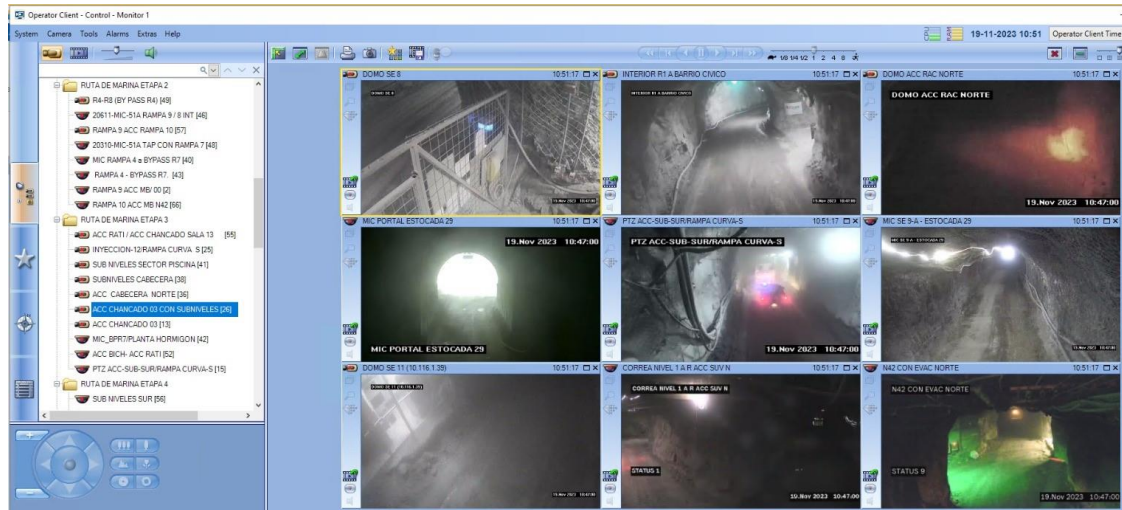


Fuente: Elaboración propia capturada de Dashboard aplicación Node-RED

Figura 2-19.- Accionamiento individual de cada electroválvula del proceso.

2.8.5 Visualización de cámaras web de punto de carga de agua

Para la respectiva visualización de la cámara IP instalada en el sector de carga de agua industrial, al estar integrado a la red CCTV es posible visualizarla completamente en la aplicación de monitoreo de la plataforma Bosch. (ver figura 2-20).



Fuente: Elaboración propia capturada de aplicación de monitoreo Bosch.

Figura 2-20.- Visualización de cámaras de proyecto PMCHS, en plataforma de video Bosch.

2.8.6 Notificación de Inicio de funcionamiento del servicio

La notificación de inicio del funcionamiento del sistema de carguío de agua se realizará bajo el sistema de notificación vía correo, en función de las necesidades, se agregará una cuenta de correo respectiva (a configurar) para estar en constante monitoreo de cuando se inicia el sistema de carga de agua, además de información de funciones o alarmas de pérdidas de comunicación asociadas al monitoreo, las cuales son configurables directamente en una aplicación externa de monitoreo, que no está en el alcance de este proyecto.

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN DE COSTOS

3 EVALUACIÓN DE COSTOS

Según lo expuesto en el capítulo anterior, en el cual se detalla todo el equipamiento a ser utilizado en el diseño de esta propuesta de solución, es necesario realizar una cuantificación económica asociada a los costos de una futura ejecución de este proyecto.

Cabe mencionar que estos cálculos serán realizados en caso de una supuesta realización de este diseño de la alternativa de solución en un futuro.

3.1 COSTOS ASOCIADOS AL DISEÑO DEL SISTEMAS EN HH

Dentro de los costos asociados y analizados en este diseño de alternativa de solución, se consideran los siguientes factores, como lo son los costos relacionados al estudio del sistema actual existente e integración, costos relacionados al diseño de las soluciones propuestas, costos asociados a la ejecución del proyecto y por ultimo los costos asociados a las pruebas funcionales del diseño del proyecto.

3.1.1 Costos relacionados al estudio del sistema e integración

Dentro de los costos de estudio del sistema e integración, se consideran las horas de ingeniería que fueron requeridas para conocer la problemática general que se está presentando actualmente, posibles cambios que se pueden realizar, posibles mejoras y los posibles mecanismos que serían factibles para llevar a cabo esta alternativa de solución.

Otro factor también importante analizado, es la problemática diaria que presentan los trabajadores al utilizar el sistema, además de los verdaderos interesados del sistema, para el cual está siendo desarrollada esta alternativa de mejora.

La dotación por utilizar en esta parte del proceso es la siguiente:

- 01 Ingeniero en Control e Instrumentación Industrial.

3.1.2 Costos relacionados al diseño de las soluciones propuestas

Los costos relacionados al diseño de las soluciones propuestas, en su mayoría están orientados a las horas de ingeniería necesarias para la selección de los diversos componentes a ser utilizados, como así también, el software que se utilizará para una futura puesta en marcha, la viabilidad de la alternativa de solución seleccionada y el mecanismo que será utilizado para realizar el constante monitoreo y control del sistema de diseño.

La dotación por utilizar en esta parte del proceso es la siguiente:

- 01 Ingeniero en Control e Instrumentación Industrial.

3.1.3 Costos asociados a la ejecución del proyecto

Dentro de los costos asociados a la ejecución del proyecto, se considera todo lo relacionado al montaje e instalación de los diversos dispositivos de comunicaciones que son necesarios instalar en cada ubicación, como los son las antenas punto a punto, switch de comunicaciones, Raspberry Pi, fuentes de alimentación, sensores, electroválvulas, entre otros.

Dentro de estos cálculos, se estima el personal necesario para realizar la respectiva labor de instalación de estos equipos, el cual consta de la siguiente dotación:

- 01 Supervisor de Comunicaciones.
- 02 Técnicos de comunicaciones.
- 01 Electromecánico
- 01 Operador de equipo alza hombres.
- 01 Asesor de prevención de riesgos.

En esta etapa de ejecución del proyecto, es donde se plasma la totalidad de la elaboración del diseño.

Dentro de los costos asociados, se consideran las HH requeridas para la conexión de los componentes, mediciones, calibraciones, ajustes de sincronización, además de variables

ajenas al diseño, como lo serían posibles interferencias en el sector por parte de otras empresas.

3.1.4 Costos asociados a ejecución de pruebas funcionales del diseño

Dentro de los costos asociados a la ejecución de pruebas funcionales del diseño, se considera todas las pruebas finales que conlleva a la entrega final del diseño del proyecto. Estas pruebas funcionales de los sistemas son realizadas directamente desde la sala de control, ejecutadas por el operador de la sala de control de turno, antes de realizar una posterior entrega al mandante final, del diseño desarrollado en un ambiente de desarrollo y pruebas.

Además, se considera dentro de estos costos asociados, se destinan HH para la respectiva capacitación de uso del sistema desarrollado, generación de manuales y mejoras intuitivas o de uso, solicitadas directamente por el operador (leves cambios de diseño, cambio de tamaño de panel view, ajuste de cámara, etc)

Dentro de estos cálculos, se estima el personal necesario para realizar la respectiva labor de instalación de estos equipos, el cual consta de la siguiente dotación:

- 01 Operador de Sala de Control
- 01 Ingeniero en Control e Instrumentación Industrial.

En esta etapa de ejecución del proyecto, es donde se plasma la totalidad de la elaboración del diseño.

En la Figura 3-1, se pasa a detallar la programación de las actividades en una carta Gantt, con las principales actividades a realizar en la puesta en marcha de la alternativa de solución.

DISEÑO DE SISTEMA AUTÓNOMO PARA EQUIPOS HUMECTADORES DE TERRENO PARA LA MINERÍA

Inicio del proyecto: lu, 10/2/2023

Semana para mostrar: 1

2 de octubre de 2023 9 de octubre de 2023

TAREA	ASIGNADO A	PROGRESO	INICIO	FIN	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
					l	m	m	j	v	s	d	l	m	m	j	v	s	d
1.-Estudio del sistema actual																		
Diagrama de Red Existente	Ingeniero en control e Instrumentación industrial	100%	2-10-23	2-10-23														
Validación de equipamiento existente	Ingeniero en control e Instrumentación industrial	100%	3-10-23	3-10-23														
Proyección de cambios a realizar	Ingeniero en control e Instrumentación industrial	100%	3-10-23	3-10-23														
Levantamiento de equipamiento ser utilizado	Ingeniero en control e Instrumentación industrial	100%	3-10-23	3-10-23														
2.-Diseño y configuración de sistemas asociados																		
Diseño de la alternativa de solución	Ingeniero en control e Instrumentación industrial	100%	4-10-23	6-10-23														
configuración de switch allend bradley	Ingeniero en control e Instrumentación industrial	100%	7-10-23	7-10-23														
configuración de antena cambium networks	Ingeniero en control e Instrumentación industrial	100%	7-10-23	7-10-23														
configuración y creación de logica de control en Raspberry Pi	Ingeniero en control e Instrumentación industrial	100%	7-10-23	7-10-23														
escalamiento a ser utilizado en el sistema de control	Ingeniero en control e Instrumentación industrial	100%	7-10-23	7-10-23														
configuración y conexionado de pruebas de laboratorio	Ingeniero en control e Instrumentación industrial	100%	7-10-23	7-10-23														
3.-Ejecución de actividades en terreno																		
Instalación de antena en sector	Tecnico en Telecomunicaciones	100%	8-10-23	9-10-23														
instalacion de camara cctv	Tecnico en Telecomunicaciones	100%	8-10-23	9-10-23														
inslacion de electrovalvulas y sensor hidrostatico	Electromecanico	100%	8-10-23	9-10-23														
energización de tablero y equipos instalados	Electromecanico	100%	8-10-23	9-10-23														
calibración de equipamientos en terreno	Tecnico en Telecomunicaciones/Electromecanico	100%	8-10-23	9-10-23														
4.-Ejecución de pruebas de sistemas																		
Pruebas de electrovalvulas	Operador de sala de control	100%	10-10-23	10-10-23														
pruebas de sistema integrado en sala de control	Ingeniero en control e Instrumentación industrial	100%	10-10-23	10-10-23														
pruebas de accionamiento remoto	Operador de sala de control	100%	10-10-23	10-10-23														
pruebas de lectura de datos y niveles de estanques	Operador de sala de control	100%	10-10-23	10-10-23														

Fuente: Elaboración propia capturada de aplicación de monitoreo Bosch.

Figura 3-1.- Carta Gantt de las actividades consideradas en el proyecto.

Dentro de los costos asociados, se consideran las HH requeridas para la conexión de los componentes, mediciones, calibraciones, ajustes de sincronización, además de variables ajenas al diseño, como lo serian posibles interferencias en el sector por parte de otras empresas.

En la Tabla 3-1, se pasa a detallar el cálculo realizado para obtener el valor de cada valor HH de todo el personal que participaría en una futura instalación de esta alternativa de solución.

La ecuación utilizada para realizar el cálculo de los valores HH, se visualiza a continuación.

$$Valor\ HH = \frac{\left(\frac{sueldo\ bruto}{30}\right) * 28}{180}$$

En este caso, se toma el valor del sueldo bruto del trabajador y se divide por 30 días, después ese valor se multiplica por 28 días (se descuentan 2 días domingos en esta modalidad) y ese resultado se divide por 180 (que vendría siendo 45 horas semanales por 4 semanas en el mes), dando como resultado el valor HH.

Además, en este proyecto se considera un recargo del 50% al valor final calculado para cada HH, por motivos de complementar los demás gastos asociados a imponderables del proyecto.

El valor del dólar oficial tomado, para realizar estos cálculos de costo, es de \$ 862,61 CLP, del día 04 de diciembre del año 2023 y todos los valores obtenidos de estos cálculos, fueron aproximados y redondeados a 2 decimales.

Tabla 3-1. Tabla de cálculos de valor HH para cada trabajador

COSTO HH POR TRABAJADOR				
CARGO	CANTIDAD	SUELDO BRUTO	VALOR HH CLP	VALOR (USD)
Ingeniero en Control e Instrumentación Industrial	1	2.300.000	11.926	20,74
Supervisor de Comunicaciones.	1	2.000.000	10.370	18,03
Técnicos de comunicaciones.	2	1.250.000	6.481	11,27
Electromecánico	1	1.100.000	5.704	9,92
Operador de equipo alza hombres.	1	1.050.000	5.444	9,47
Asesor de prevención de riesgos.	1	1.500.000	7.778	13,52
Operador de Sala de Control	1	960.000	4.978	8,66

Fuente: Elaboración propia realizada en aplicación Excel, para calcular valor HH, utilizando el siguiente enlace de la dirección de trabajo de Chile <https://www.dt.gob.cl/portal/1628/w3-article-95182.html>

A continuación, en la tabla 3-2, se pueden visualizar los costos asociados y necesarios para realizar, tanto el estudio del sistema actual, el diseño y configuración de sistemas asociados, instalación de equipos en terreno y ejecución de pruebas funcionales del sistema.

Tabla 3-2. Resumen de costos mano de obra.

COSTO DE LA MANO DE OBRA EN HH				
ETAPA DEL PROYECTO	DOTACIÓN	HH (USD)	HORAS REQUERIDAS	SUBTOTAL (USD)
Estudio sistema actual	01 Ingeniero en control y telecomunicaciones	20,74	20	414,76
Diseño y configuracion de sistemas asociados	01 Ingeniero en control y telecomunicaciones	20,74	50	1036,90
Ejecucion en terreno	01 Supervisor	18,03	15	270,50
	02 Técnicos en comunicaciones	11,27	15	169,06
	01 Electromecánico	9,92	5	49,59
	01 Operador alza hombre	9,47	5	47,34
	01 Asesor de prevención de riesgos	13,52	15	202,87
Ejecucion de pruebas de sistemas	01 Ingeniero en control y telecomunicaciones	20,74	20	414,76
	01 Técnicos en comunicaciones	11,27	5	56,35
	01 Operador de sala control	8,66	20	173,12
			TOTAL NETO (USD)	2835,26

Fuente: Elaboración propia en Excel, para estimar cálculos de valor HH de personal de trabajo.

Estos costos están directamente relacionados a la mano de obra de la alternativa de solución, asumiendo el personal necesario para realizar este levantamiento, analizando desde cada punto de vista de los profesionales de cada área los requerimientos tanto de implementación, como así también, los requerimientos de seguridad para realizar una futura instalación sin contratiempos, con la mayor seguridad posible, planificando la tarea a realizar y siendo lo más eficiente con los tiempos de ejecución e instalación de este proyecto.

3.2 COSTOS DE COMPONENTES UTILIZADOS EN EL DISEÑO DEL SISTEMAS

En esta sección, se pasa a detallar todos los costos asociados al equipamiento en general a ser utilizado en la realización de este diseño de la alternativa de solución, como lo son los equipos tecnológicos, como antenas PTP, Switch de comunicaciones, cámara IP, electroválvulas, entre otros, los cuales se pasan a detallar en la tabla 3-3.

Cabe mencionar que todo el equipamiento a ser utilizado en esta alternativa de solución, independiente de que se estos equipos ya estén en las dependencias respectivas del proyecto, los cuales están asignados a las respectivas empresas contratistas de cada área del proyecto minero Chuquicamata Subterránea y al ser un contrato de proyecto asociado al área de servicios, estos montos son entregados netamente por el cliente que está solicitando este análisis y en base a este estudio, definir si lo más idóneo es la realización y puesta en marcha de esta solución entregada.

Tabla 3-3. Resumen de costos de componentes electrónicos.

COSTOS DE COMPONENTES ELECTRONICOS					
COMPONENTE	PRECIO UNITARIO (CLP)	PRECIO UNITARIO (USD)	CANTIDAD	SUBTOTAL (USD)	
Raspberry PI	58.990	68,39	1	55	
Cámara Bosch Domo IP Startlight 7000	693.184	803,59	1	651	
PoE 56v para cámaras IP	129.350	149,95	1	121	
Antenas PTP Cambium networks 54600	1.380.500	1.600,38	2	2593	
PoE 48v para antena PTP Cambium networks	12.990	15,06	2	24	
Switch Allen Bradley Stratix 5700	1.133.032	1.313,49	1	1064	
Fuente de alimentación 24v- 2.5A para switch	22.859	26,50	2	43	
Electroválvula On/Off +/- 15 mts	403.990	468,33	2	759	
fuelle de alimentación 24 VAC	26.990	31,29	2	51	
Sensor de nivel 4-20mA	854.744	990,88	2	1605	
				6966	TOTAL, NETO (USD)
				1324	IVA 19%
				8290	TOTAL, NETO (USD)

Fuente: Elaboración propia en Excel, basado en cotizaciones de componentes del sistema.

Dentro de los costos asociados, también se considera un apartado asociado a los materiales de canalización, conexión y control de estos equipamientos, dentro de los cuales se pasa a detallar el cable de control, cable de alimentación, gabinete eléctrico, conectores y terminales galvanizados, entre otros materiales, los cuales se pasan a detallar bajo el apartado de ferretería, el cual se puede visualizar en la tabla 3-4.

Tabla 3-4. Resumen de costos materiales e insumos.

COSTOS MATERIALES DE FERRETERIA Y MONTAJE				
CANTIDAD	INSUMOS	PRECIO (CLP)	PRECIO (USD)	SUBTOTAL (USD)
1 caja	Cable ethernet SFTP CAT 6	216000	250,4	202,8
20	Conectores macho RJ45 CAT 6	13800	16,0	13,0
200 mts	Cable de control 14xAWG	135800	157,4	127,5
50 mts	Cable alimentación 14xAWG	101120	117,2	95,0
1	Parada de emergencia	38798	45,0	36,4
1	protección automática 20A/220v	7990	9,3	7,5
1	protección automática 25A/220v	7690	8,9	7,2
1	Tablero eléctrico 20x30x15	23282	27,0	21,9
1	Tablero eléctrico de 500x600	70804	82,1	66,5
2	Contactor de 220v	37768	43,8	35,5
6	Botoneras Verde, Roja NC/NO	8276	9,6	7,8
5	Luz piloto roja	1379	1,6	1,3
-	Terminaciones galvanizadas y otros	200000	231,9	187,8
			TOTAL, NETO (USD)	810
			IVA 19%	154
			TOTAL, NETO (USD)	964

Fuente: Elaboración basado a las cotizaciones de materiales específicos.

3.3 COSTO TOTAL DEL DISEÑO DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

Para continuar realizando este análisis de costos, es necesario cuantificar el costo total, el cual se obtiene realizando la suma total, tanto de los ítem y valores asociados a los cálculos de costos en HH, como así también, los cálculos de costos asociados a ítem tangibles, como los son los componentes, accesorios y ferretería final, la cual el detalle respectivo se puede visualizar en la tabla 3-5.

Dentro de los costos calculados para todo el desarrollo de este diseño de la alternativa de solución y en caso de una futura implementación, el ítem imprevisto se asigna formalmente como un porcentaje del 20% del costo total del proyecto, principalmente este ítem abarcaría problemas asociados a la logística de los materiales, trabajos fuera de horario y principalmente el pago de horas extras en caso de existir ventanas de trabajos otorgadas por el mandante, fuera del horario o jornada laboral.

Tabla 3-5. Resumen de los costos finales de este proyecto.

COSTO FINAL DEL DISEÑO Y PROYECTO	VALOR USD
COSTOS MATERIALES DE FERRETERIA Y MONTAJE	964
COSTOS DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS	8.290
COSTO DE LA MANO DE OBRA EN HH	2.835
IMPREVISTOS (20%)	2.414
COSTO TOTAL	14.507

Fuente: Elaboración basado a las cotizaciones de materiales específicos.

3.4 PLAN DE MANTENCIÓN DE SERVICIO POST-INSTALACIÓN.

En esta sección detalla la planificación de mantención que se considera necesaria para un correcto funcionamiento y de acuerdo con los estándares establecidos por el cliente, la cual ayudará a que este diseño en una instalación próxima a futura puede ser mantenido en el tiempo.

Es necesario detallar la planificación de mantención a realizar y la estimación económica que conllevaría el realizar este tipo de mantención, además de los recursos a utilizar de logística proyectados y la estimación en tiempo de estas mantenciones.

A continuación, en las Tablas 3-6 y 3-7, se presenta el equipamiento a realizar la mantención, y el tipo de mantención a realizar a ese equipo, además de la proyección a lo largo de un año, el cual es aplicable a futuro en el tiempo.

En la tabla 3-6, se detalla el plan de mantención para los siguientes equipos:

- Antenas PTP Cambium network
- Switch Allen BradleyStratix 5700

En la tabla 3-7, se detalla el plan de mantención para los siguientes equipos:

- Cámara IP Bosch IP startlight 7000
- Raspberry PI
- Sistema de control (electroválvula, sensor hidrostático, tablero eléctrico y conexionado eléctrico.

Tabla 3-6. Tabla de costos plan de mantención.

EQUIPO	TIPO DE MANTENCIÓN	DOTACIÓN A UTILIZAR	COSTO HH	COSTO (USD)	TIEMPO	DETALLE DE MANTENCIÓN
Antenas PTP Cambium network	MantenCIÓN lógica	01 Técnico	0,5	20	Mensual	-Revisión de registros de eventos -ajustes de frecuencia de funcionamiento -respaldo de configuraciones
	MantenCIÓN física	01 Supervisor 01 Técnico	2	80	Mensual	-Limpieza de PoE -revisión y reparación de conexión de red.
	MantenCIÓN física	01 Supervisor 01 Técnico	4	160	Semestral	-Inspección visual en terreno -reposicionamiento en caso de ser necesario -trabajo en altura
Switch Allen Bradley Stratix 5700	MantenCIÓN lógica	01 Técnico	0,5	20	Mensual	-Revisión de registros de eventos -revisión de interfaces de red -respaldo de configuraciones
	MantenCIÓN física	01 Supervisor 01 Técnico	2	80	Mensual	-Limpieza de fuente de alimentación -revisión y reparación de conexión de red

Tabla 3-7. Continuación de tabla de costos plan de mantención.

EQUIPO	TIPO DE MANTENCIÓN	DOTACIÓN A UTILIZAR	COSTO HH	COSTO (USD)	PERIODICIDAD	DETALLE DE MANTENCIÓN
Cámara IP Bosch IP startlight 7000	MantenCIÓN lógica	01 Técnico	0,5	20	Mensual	Revisión de registros de eventos revisión de interfaces de red respaldo de configuraciones
	MantenCIÓN física	01 Supervisor 01 Técnico	2	80	Mensual	Limpieza de fuente de alimentación revisión y reparación de conexionado de red
Raspberry PI	MantenCIÓN lógica	01 Técnico	0,5	20	Mensual	Revisión de registros de eventos revisión de interfaces de red respaldo de configuraciones
	MantenCIÓN física	01 Supervisor 01 Técnico	2	80	Mensual	Limpieza de fuente de alimentación revisión y reparación de conexionado de red

Fuente: Elaboración propia basada en plan matriz a realizar.

3.5 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN

El diseño de esta alternativa de solución, y según lo evidenciado en la parte analizada de costos del proyecto, tiene un costo aproximado de 14.507 USD, este valor considera todo lo necesario para realizar una futura implementación de este sistema, entendiéndose que este proyecto abarca todo lo relacionado al diseño de la alternativa de solución.

En primera instancia, parece un costo elevado, sin embargo, la mayoría de los equipamientos son componentes ya retirados de otras posturas de trabajos, para lo cual están disponibles para ser utilizadas en cualquier otra área que sea requerida, como lo es el caso de esta propuesta de diseño de alternativa de solución.

A lo largo del desarrollo de este proyecto, se analizan los resultados a obtener a futuro, siempre orientando estos mismos rendimientos, a obtener una alternativa sustentable, eficiente y que perdure durante el transcurso del tiempo, en este proyecto minero.

Esta alternativa de solución tendrá un resultado optimo y según lo esperado, siempre y cuando, se sigan las recomendaciones y estimaciones comentadas durante este escrito, los cuales están totalmente alineados a las alternativas mas innovadoras de la industria y en el desarrollo sostenible de la eficiencia energética a lo largo de estos años.

En la tabla 3-8 se visualiza el costo restando el material ya retirado de otras posturas de trabajos los cuales son destinados para desarrollar este diseño de la alternativa de solución.

Tabla 3-8. Costo de material necesario a adquirir para diseño de la alternativa de solución.

COSTOS DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS QUE NO ESTÁN EN INVENTARIO					
COMPONENTE	PRECIO UNITARIO (CLP)	PRECIO UNITARIO (USD)	CANTIDAD	SUBTOTAL (USD)	
Raspberry PI	58.990	68,39	1	55,39	
Electroválvula On/Off +/-15 mts	403.990	468,33	2	758,70	
Fuente de alimentación 24 VAC	26.990	31,29	2	50,69	
Sensor de nivel 4- 20mA	854.744	990,88	2	1605,23	
				2470,01	TOTAL NETO (USD)
				469,30	IVA 19%
				2939,31	TOTAL, NETO (USD)

Fuente: Elaboración propia costos asociados de componentes por adquirir.

Dentro de los grandes costos asociados, que se debería realizar sí o sí, es la inversión de HH, tanto en la instalación del equipamiento y, además, de las respectivas configuraciones y pruebas de puesta en marcha de este sistema diseñado.

Al ser una empresa contratista del área de la Vicepresidencia de proyectos de Codelco, todos estos costos asociados son traspasados directamente a la empresa contratista encargada del sistema de control de aguas del proyecto en sí mismo.

Gracias a esta realización del diseño y tal como se detalló a lo largo del capítulo 1 de este proyecto, la respectiva integración de esta alternativa al sistema integrado de la sala de control de operaciones ayudaría de gran manera a llevar un conteo diario de las métricas definidas por el mandante.

3.6 BENEFICIOS DE LA SOLUCIÓN

Uno de los principales beneficios que se logran evidenciar en este, radica principalmente en la robustez del equipamiento elegido, debido a que son equipos que ya han sido probados en diversas circunstancias y proyectos tecnológicos dentro del mismo proyecto minero, resultando en funcionamientos duraderos en el tiempo, siempre y cuando se realicen los respectivos planes matriz de mantención mensual y su respectivo chequeo diario del funcionamiento del sistema.

Gracias a la constante operación del sistema de control, ejecutado por el personal de la sala de control, es que se tendrán varias referencias y métricas de los comportamientos diarios de la aplicación diseñada.

Este diseño de la alternativa de solución, perfectamente se puede replicar en otros puntos o frentes de trabajo a lo largo del proyecto, ante lo cual se deben evaluar las diferentes condiciones del terreno como así también la logística del sistema de comunicaciones de estas diversas áreas, ya que es de fácil acceso, replicar toda la configuración del sistema en otro punto de trabajo.

Además, la interacción hombre-maquina, disminuye notoriamente, llevando consigo la disminución de los posibles accidentes asociados a la manipulación de las válvulas manuales de accionamiento, como así también de accidentes cotidianos en el sector, ya que, son áreas que en la mayoría de las veces están totalmente sobre humectadas.

CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de este proyecto, se cumplieron los diversos objetivos, tanto general y específicos, planteados en su totalidad.

Analizadas las opciones de alternativas de solución y evaluando sus ventajas y desventajas según las necesidades requeridas y planteadas por el cliente que eran los principales problemas que surgen día a día en el terreno de la minería.

Se presentaron diversas adversidades al momento de realizar las configuraciones y calibraciones de los equipos, los cuales fueron solucionadas y abordadas de la mejor manera.

Si lugar a dudas, ha sido un camino largo lleno de aprendizajes, tanto profesional como humano, en la cual se lograron todos los objetivos planteados durante este escrito.

Finalmente, la alternativa de solución seleccionada, fue presentada al cliente, sin embargo debido a cambio de prioridades de este mismo mandante, la alternativa de solución y el proyecto en sí mismo, fue pausado hasta nuevo aviso, principalmente debido a los costos asociados que se necesitaban cubrir, los cuales no tenían la claridad de que empresa contratista cubriría el proyecto, debido a que ante la declaración de quiebra de la empresa contratista que prestaba el servicio de humectación de terreno, la implementación y los costos asociados serían traspasados a esta empresa externa a CODELCO.

BIBLIOGRAFÍA

Sitio Web de la marca de sistema CCTV Bosch, Sistema de configuración CCTV
<https://www.boschsecurity.com/es/es/soluciones/software-de-gestion/bvms/>
 (30 de Septiembre, 2023).

Base de conocimiento de aplicación Node-RED, pagina con toda la información asociada a esta plataforma.
<http://nodered.org> (05 de Octubre, 2023).

Fundamentos básicos de un sistema de control automático.
<https://polaridad.es/elementos-de-un-sistema-de-control-automatico/> (15 de Octubre, 2023).

Dirección del trabajo, para calcular valor de HH
<https://www.dt.gob.cl/portal/1628/w3-article-95182.html> . (25 de Noviembre, 2023).

Introducción al control de procesos,
<https://www.youtube.com/watch?v=P7wzaMH96Dg&t=3s>. (25 de Noviembre, 2023).

ANEXOS

ANEXO A: DATASHEET VALVULA SOLENOIDE 136-01



— MODEL — **136-01**

Solenoid Control Valve



- Fast Acting Solenoid Control
- Reliable, Drip-Tight Shut-Off
- Simple Design, Proven Reliable
- Optional Check Feature
- Easy Installation and Maintenance

The Cla-Val Model 136-01 Solenoid Control Valve is an on-off control valve that either opens or closes upon receiving an electrical signal to the solenoid pilot control. This valve consists of a Hytrol main valve and a three-way solenoid valve that alternately applies pressure to or relieves pressure from the diaphragm chamber of the main valve. It is furnished either normally open (de-energized solenoid to open) or normally closed (energized solenoid to open).

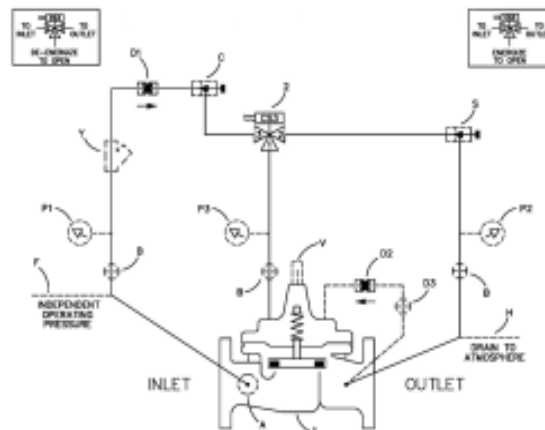
If the check feature option is added and a pressure reversal occurs, the downstream pressure is admitted into the main valve cover chamber and the valve closes to prevent return flow.

Schematic Diagram

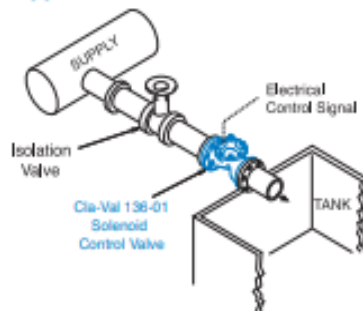
Item	Description
1	100-01 Hytrol Main Valve
2	CS3 Solenoid Control

Optional Features

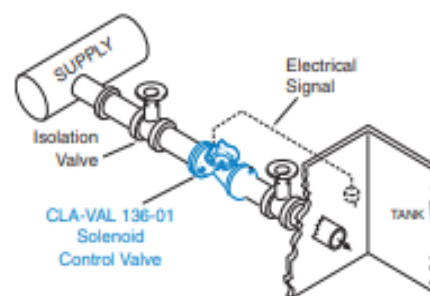
Item	Description
A	X46A Flow Clean Strainer
B	CK2 Isolation Valve
C	CNA Closing Speed Control
D	Check Valves with Isolation Valve
P	X141 Pressure Gauge
S	CNA Needle Valve (Opening)
V	X101 Valve Position Indicator
Y	X43 "Y" Strainer



Typical Applications



Industrial uses for the solenoid control valve are many and include accurate control of process water for batching, mixing, washing, blending or other on-off type uses.



Liquid level control can be provided by using a float switch or electrode probe which sends an electrical signal to open or close the valve as needed.

Model 136-01 (Uses Hytrol Main Valve Model 100-01)

Pressure Ratings (Recommended Maximum Pressure - psi)

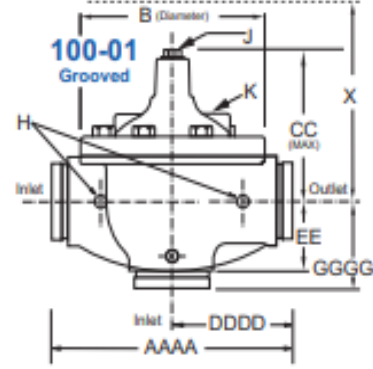
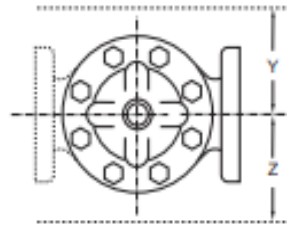
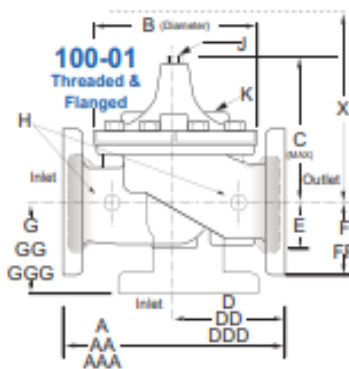
Valve Body & Cover		Pressure Class				
		Flanged			Grooved/Threaded	
Grade	Material	ANSI Standards*	150 Class	300 Class	300 Class	End† Details
ASTM A536	Ductile Iron	B16.42	250	400	400	400
ASTM A216-WCB	Cast Steel	B16.5	285	400	400	400
UNS 87850	Bronze	B16.24	225	400	400	400

Note: * ANSI standards are for flange dimensions only.
 Flanged valves are available faced but not drilled.
 † End Details machined to ANSI B2.1 specifications.
Valves for higher pressure are available; consult factory for details

Materials

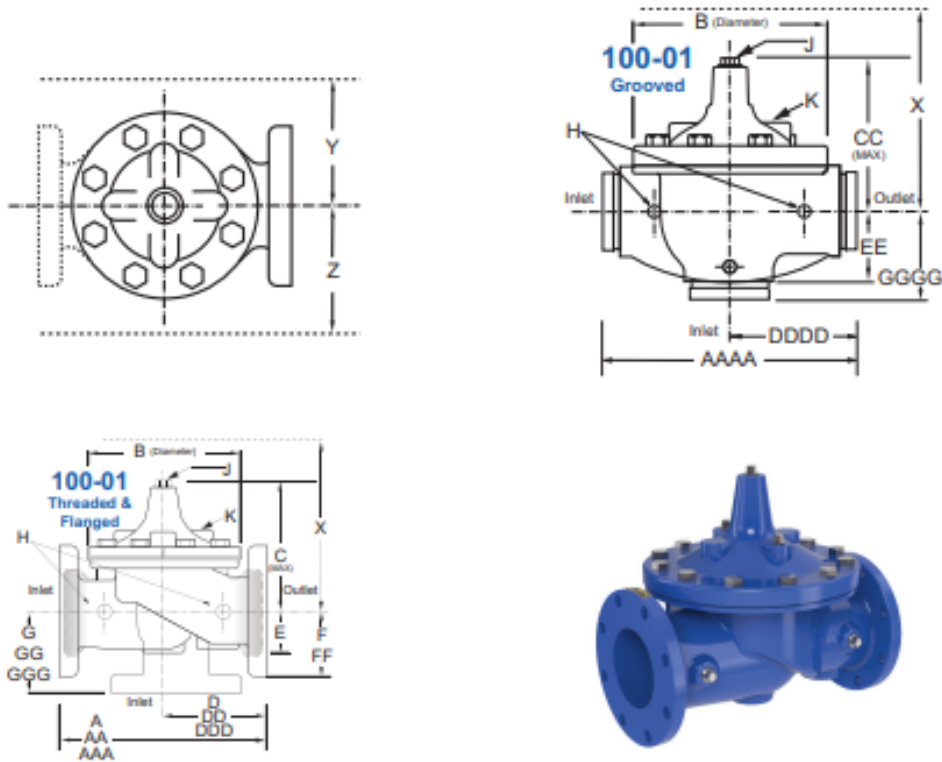
Component	Standard Material Combinations		
Body & Cover	Ductile Iron	Cast Steel	Bronze
Available Sizes	1/2" - 4" 15 - 100mm	1/2" - 4" 15 - 100mm	1/2" - 4" 15 - 100mm
Disc Retainer & Diaphragm Washer	Cast Iron	Cast Steel	Bronze
Trim: Disc Guide, Seat & Cover Bearing	Bronze is Standard Stainless Steel is Optional		
Disc	Buna-N® Rubber		
Diaphragm	Nylon Reinforced Buna-N® Rubber		
Stem, Nut & Spring	Stainless Steel		

For material options not listed, consult factory.
 Cla-Val manufactures valves in more than 50 different alloys.


Model 136-01 Dimensions (inches)

Valve Size (Inches)	1/4"	3/8"	1"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"
A Threaded	3.50	3.50	5.12	7.25	7.25	7.25	9.38	11.00
AA 150 ANSI	—	—	—	—	—	8.50	9.38	11.00
AAA 300 ANSI	—	—	—	—	—	9.00	10.00	11.62
AAAA Grooved End	—	—	—	—	—	8.50	9.00	11.00
B Diameter	3.12	3.12	4.38	5.62	5.62	5.62	6.62	8.00
C Maximum	5.88	5.88	6.25	5.50	5.50	5.50	6.50	7.56
CC Maximum Grooved End	—	—	—	—	—	4.75	5.75	6.88
D Threaded	—	—	—	3.25	3.25	3.25	4.75	5.50
DD 150 ANSI	—	—	—	—	—	4.00	4.75	5.50
DDD 300 ANSI	—	—	—	—	—	4.25	5.00	5.88
DDDD Grooved End	—	—	—	—	—	4.75	—	6.00
E	0.88	0.88	1.63	1.12	1.12	1.12	1.50	1.69
EE Grooved End	—	—	—	—	—	2.00	2.50	2.88
F 150 ANSI	—	—	—	—	—	2.50	3.00	3.50
FF 300 ANSI	—	—	—	—	—	3.06	3.25	3.75
G Threaded	—	—	—	1.88	1.88	1.88	3.25	4.00
GG 150 ANSI	—	—	—	—	—	4.00	3.25	4.00
GGG 300 ANSI	—	—	—	—	—	4.25	3.50	4.31
GGGG Grooved End	—	—	—	—	—	3.25	—	4.25
H NPT Body Tapping	0.125	0.125	0.25	0.375	0.375	0.375	0.375	0.50
J NPT Cover Center Plug	0.125	0.125	0.25	0.25	0.25	0.25	0.50	0.50
K NPT Cover Tapping	0.125	0.125	0.25	0.375	0.375	0.375	0.375	0.50
Stem Travel	—	—	—	0.40	0.40	0.40	0.60	0.70
Approx. Ship Weight (lbs)	3	8	8	15	15	15	35	50
Approx. X Pilot System	—	—	—	11	11	11	13	14
Approx. Y Pilot System	—	—	—	9	9	9	9	10
Approx. Z Pilot System	—	—	—	9	9	9	9	10

* Non Guided Stem Auxiliary Hytrol Controls

Model 136-01 Metric Dimensions (Uses 100-01 Hytrol Main Valve)

Model 136-01 Dimensions (mm)

Valve Size (mm)	15*	20*	25*	25	32	40	50	65	80	100
A Threaded	89	89	130	184	184	184	238	279	318	—
AA 150 ANSI	—	—	—	—	—	216	238	279	305	381
AAA 300 ANSI	—	—	—	—	—	229	254	295	337	397
AAAA Grooved End	—	—	—	—	—	216	228	279	318	381
B Diameter	80	80	111	143	143	143	188	203	232	292
C Maximum	149	149	159	140	140	140	165	192	208	270
CC Maximum Grooved End	—	—	—	—	—	120	146	175	184	236
D Threaded	—	—	—	83	83	83	121	140	159	—
DD 150 ANSI	—	—	—	—	—	102	121	140	152	191
DDD 300 ANSI	—	—	—	—	—	108	127	149	162	200
DDDD Grooved End	—	—	—	—	—	—	121	—	152	191
E	23	23	42	29	29	29	38	43	52	81
EE Grooved End	—	—	—	—	—	52	64	73	79	108
F 150 ANSI	—	—	—	—	—	64	76	89	95	114
FF 300 ANSI	—	—	—	—	—	78	83	95	105	127
G Threaded	—	—	—	48	48	48	83	102	114	—
GG 150 ANSI	—	—	—	—	—	102	83	102	102	127
GGG 300 ANSI	—	—	—	—	—	102	89	110	111	135
GGGG Grooved End	—	—	—	—	—	—	83	—	108	127
H NPT Body Tapping	0.125	0.125	0.25	0.375	0.375	0.375	0.375	0.50	0.50	0.75
J NPT Cover Center Plug	0.125	0.125	0.25	0.25	0.25	0.25	0.50	0.50	0.50	0.75
K NPT Cover Tapping	0.125	0.125	0.25	0.375	0.375	0.375	0.375	0.50	0.50	0.75
Stem Travel	—	—	—	10	10	10	15	18	20	28
Approx. Ship Weight (kgs)	1.4	1.4	6	7	7	7	16	23	32	64
Approx. X Pilot System	—	—	—	280	280	280	331	356	381	432
Approx. Y Pilot System	—	—	—	229	229	229	229	254	280	305
Approx. Z Pilot System	—	—	—	229	229	229	229	254	280	305

* Non Guided Stem Auxiliary Hytrol Controls

136-01 Valve Selection	100-01 Pattern: Globe (G), Angle (A), End Connections: Threaded (T), Grooved (GR), Flanged (F) Indicate Available Sizes									
	Inches	1/2	3/4	1	1 1/2	2	2 1/2	3	4	
	mm	15	20	25	32	40	50	65	80	100
Main Valve 100-01	Pattern	G	G	G, A	G, A	G, A	G, A	G, A	G, A	G, A
	End Detail	T	T	T	T	T, F, Gr*	T, F, Gr	T, F, Gr*	T, F, Gr	F, Gr
Suggested Flow (gpm)	Maximum	19	33	55	93	125	210	300	460	800
	Maximum Intermittent	24	42	68	120	160	260	370	580	990
Suggested Flow (Liters/Sec)	Maximum	1.2	2.1	3.5	6	8	13	19	29	50
	Maximum Intermittent	1.5	2.6	4.3	7.6	10	16	23	37	62
100-01 Series is the full internal port Hytrol.										*Globe Grooved Only

Pilot System Specifications

Temperature Range

Water: to 180°F/82°C

Fluids

Air, water, light oils

Solenoid Control

Body:

Brass ASTM B283

Rubber Parts:

Buna-N® Rubber Synthetic Rubber

Enclosure:

NEMA Type 1,2,3,3S,4,4X general purpose watertight*

NEMA Type 6,6P,7,9 Watertight Explosion Proof available.

Voltages:

110, 220 - 50Hz AC

24, 120, 240, 480 - 60Hz AC

6, 12, 24, 120, 240 - DC

Others available at additional cost

Max. operating pressure differential:

200 psi*

Coil:

Insulation molded Class F

Watts AC 6

AC Volt Amps Inrush 30

AC Volt Amps Holding 16

Watts DC 10.6

Manual operator available at additional cost.

*Supplied unless otherwise specified

Note: Flowing Pressure Differential: 5 psi minimum

When Ordering, Specify

1. Catalog No. 136-01
2. Valve Size
3. Pattern - Globe or Angle
4. Pressure Class
5. Threaded or Flanged
6. Materials Desired
7. Energized or de-energized to open Main Valve
8. Solenoid Enclosure, Voltage & Hertz, Coil Insulation, and Max. Operating Pressure Differential
9. Desired Options
10. When Vertically Installed

Valve Options

X141 Pressure Gauge



X101AR Valve Position Indicator with Air Release



X101 Valve Position Indicator



X144 e-FlowMeter



X43H Strainer



Stainless Steel Pilot

CLA-VAL

1701 Placentia Ave • Costa Mesa CA 92627 • Phone: 949-722-4800 • Fax: 949-548-5441 • E-mail: info@cla-val.com • www.cla-val.com

© Copyright Cla-Val 2021 • Printed in USA • Specifications subject to change without notice.

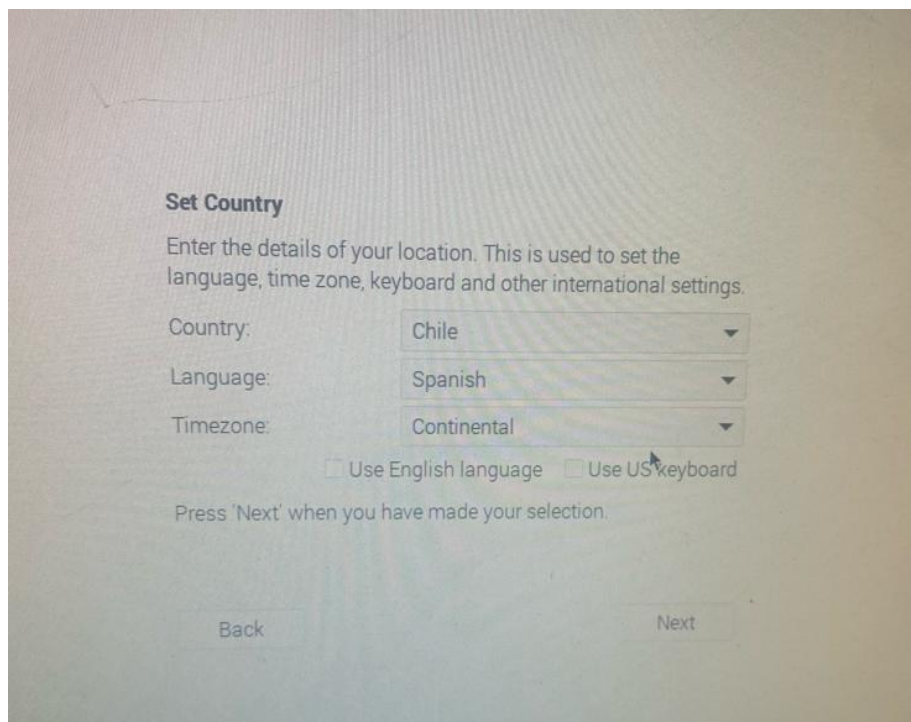
E-136-01 (R-03/2021)

ANEXO B: PASO A PASO INSTALACIÓN SISTEMA OPERATIVO EN RASPBERRY PI

Paso 1: inicia el proceso de instalación del asistente del sistema operativo de raspberry pi, En esta sección tenemos que dar en la opción siguiente.



Paso 2: En la siguiente imagen es necesario seleccionar el país (Country), lenguaje(language), Y la zona horaria(timezone), los cuales serán instalados, en este caso país=Chile, lenguaje=español y zona horaria=continental.



Paso 3: En el siguiente paso, es necesario realizar la configuración de un usuario de acceso una vez iniciado el sistema operativo, en este caso se asigna un usuario y contraseña a definir por el usuario.

Create User

You need to create a user account to log in to your Raspberry Pi.

The username can only contain lower-case letters, digits and hyphens, and must start with a letter.

Enter username:

Enter password:

Confirm password:

☒ Hide characters

Press 'Next' to create your account.

Paso 4: En la siguiente imagen no se configura nada, por lo tanto, solo se da click en siguiente.

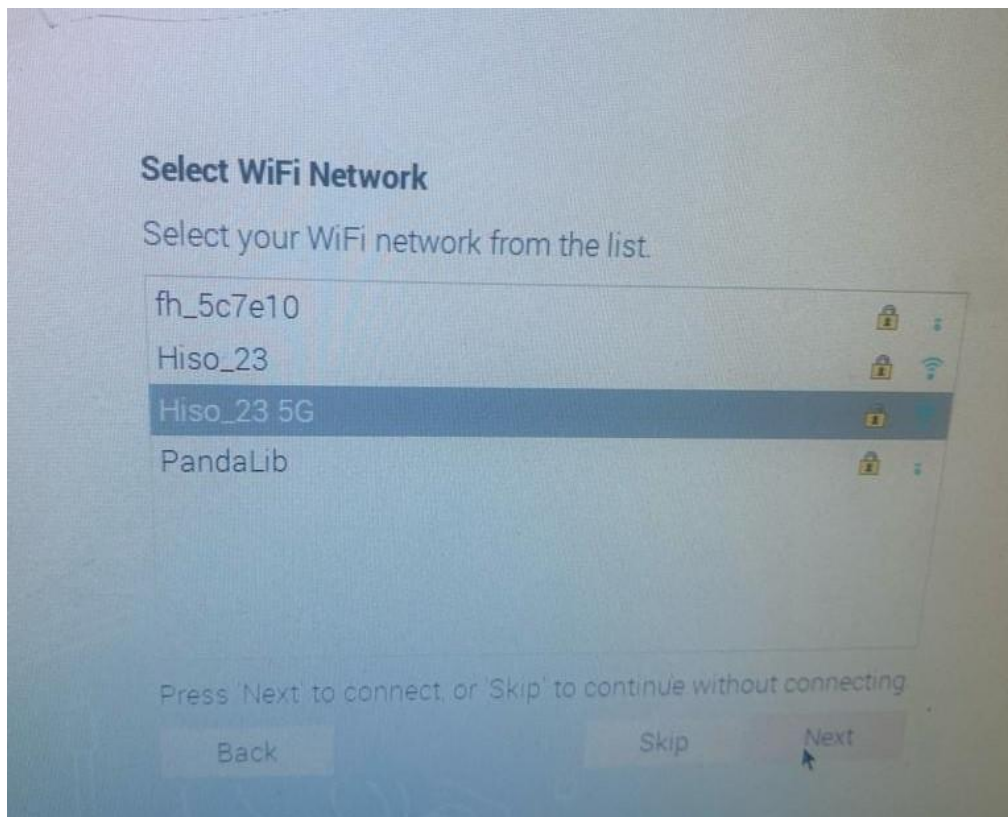
Set Up Screen

On some monitors, the desktop is larger than the screen and the edges are cut off. You can adjust this here.

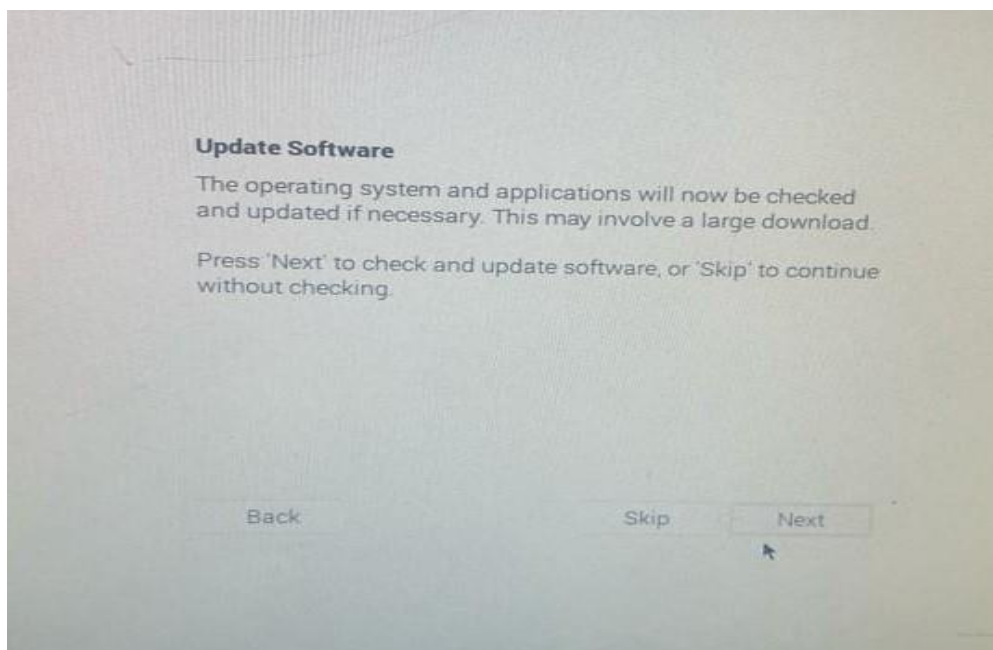
Reduce the size of the desktop on this monitor ☐

Press 'Next' when the screen looks correct.

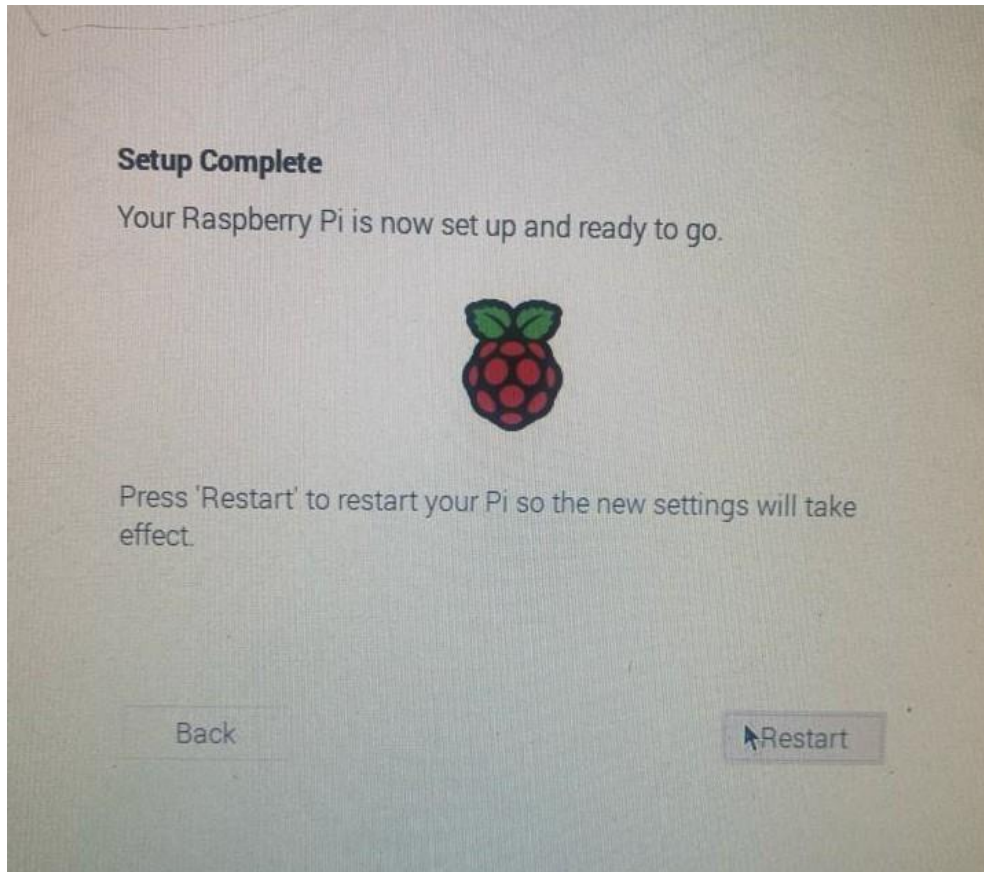
Paso 5: en la siguiente opción se selecciona una red wifi a la cual estará conectado el dispositivo, también se puede omitir esta configuración en un principio.



Paso 6: ya con la conexión a internet, el sistema operativo le recomendará realizar la instalación de las actualizaciones necesarias, dar clic en siguiente.



Paso 7: Realizado el paso anterior, ya estará instalado el sistema operativo de nuestro dispositivo. Dar clic en reiniciar y la instalación estará realizada.



ANEXO C: CONFIGURACION BASICA DE SWITCH ALLEN BRADLEY A UTILIZAR

SW_ESTANQUE_AGUA#SH RUNning-config

Building configuration...

Current configuration : 1429 bytes

version 15.0

hostname SW_ESTANQUE_AGUA

no ip domain-lookup

interface FastEthernet0/1

description CAMARA IP

switchport access vlan 201

switchport mode access

interface FastEthernet0/2

description SRV-NODE-RED

switchport access vlan 501

switchport mode access

interface GigabitEthernet0/1

description ENL-SALA-TAT

switchport mode trunk

interface GigabitEthernet0/2

interface Vlan1

ip address 10.114.1.30 255.255.255.0

interface Vlan99

no ip address

interface Vlan201

no ip address

interface Vlan501

no ip address

line vty 0 15

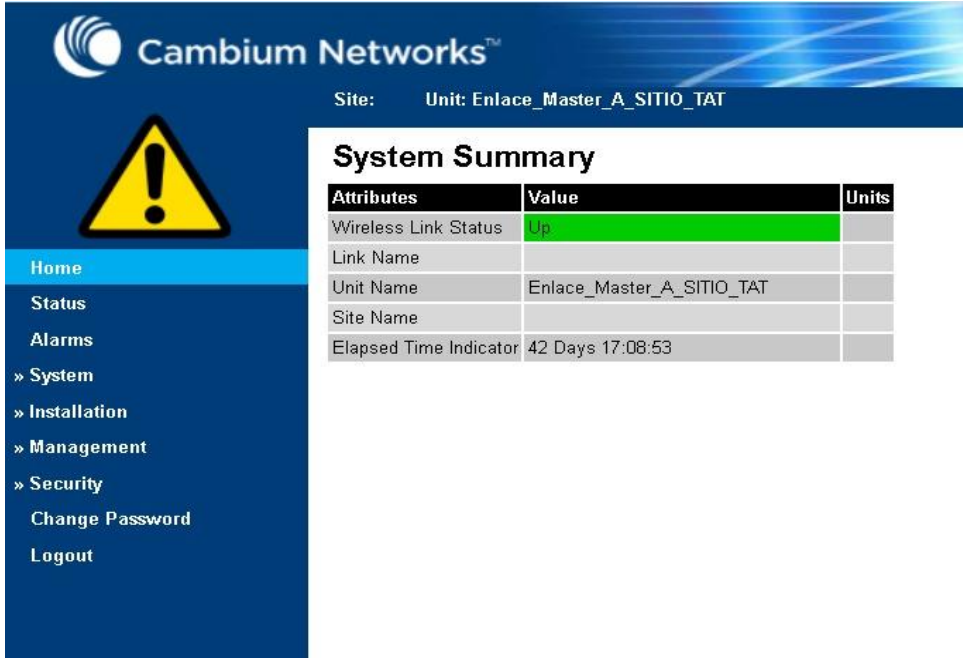
login

end

ANEXO D: CONFIGURACION DE ANTENAS PUNTO A PUNTO TIPO

Configuración de enlaces punto a punto de antenas utilizadas

Antena 1:

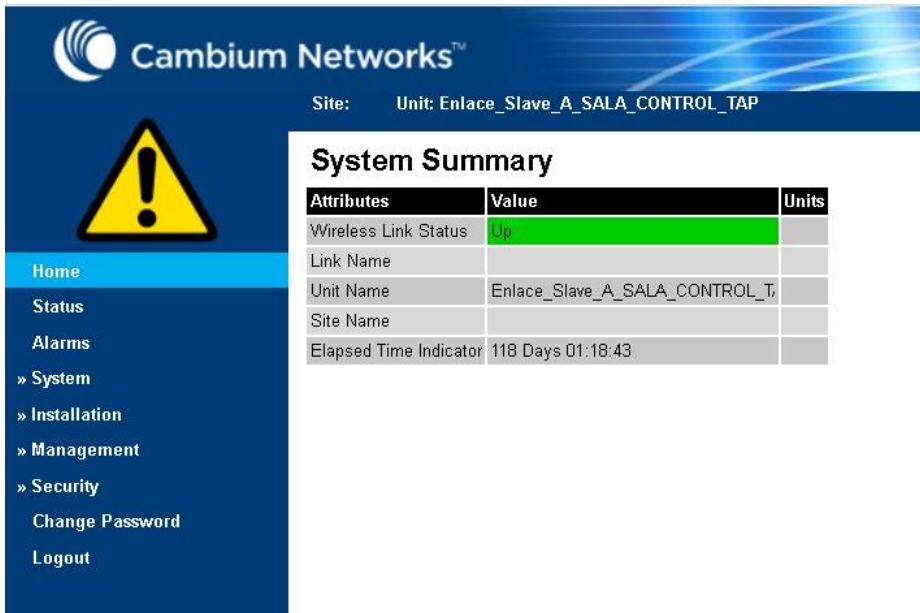


Site: Unit: Enlace_Master_A_SITIO_TAT

System Summary

Attributes	Value	Units
Wireless Link Status	Up	
Link Name		
Unit Name	Enlace_Master_A_SITIO_TAT	
Site Name		
Elapsed Time Indicator	42 Days 17:08:53	

Antena 2:



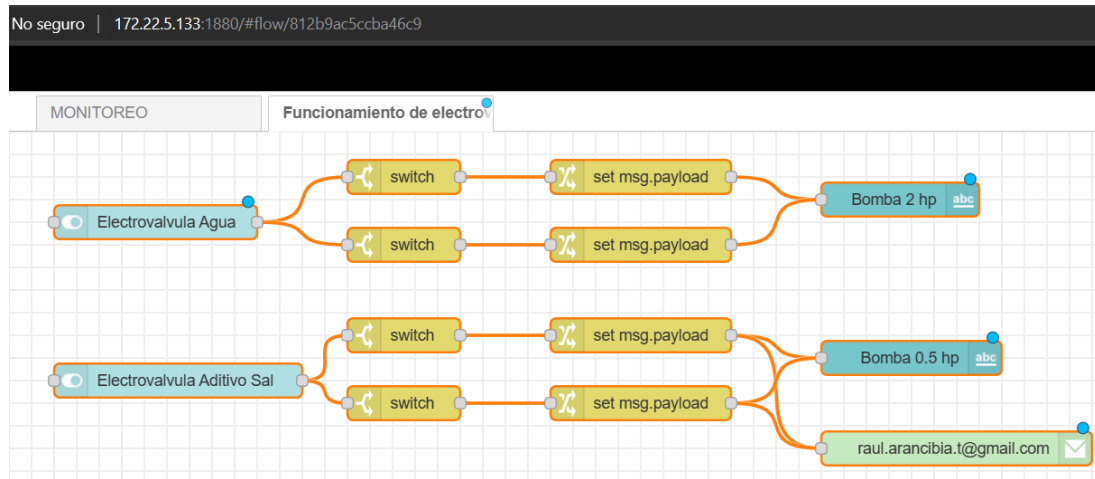
Site: Unit: Enlace_Slave_A_SALA_CONTROL_TAP

System Summary

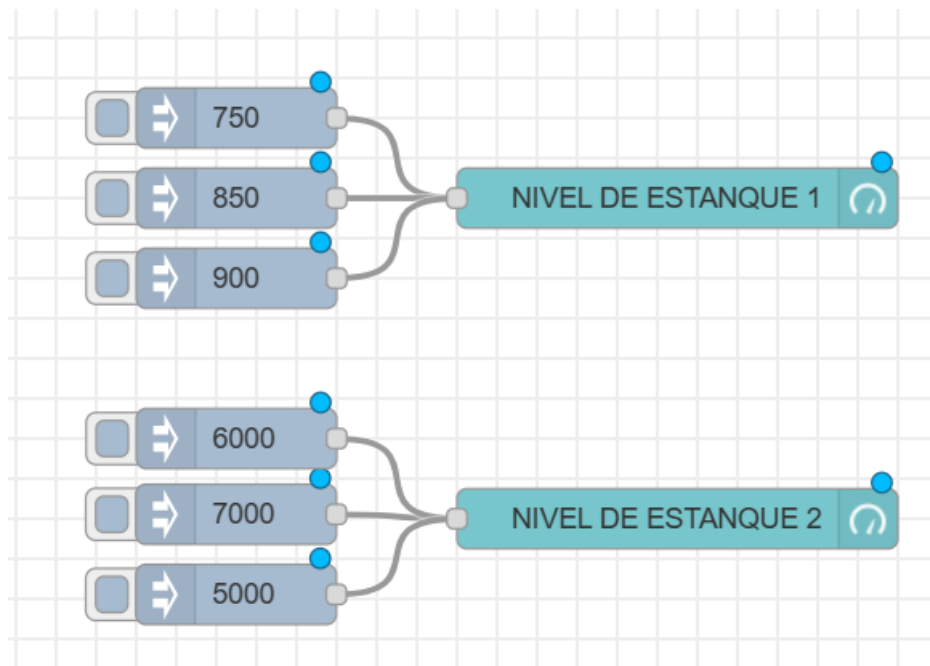
Attributes	Value	Units
Wireless Link Status	Up	
Link Name		
Unit Name	Enlace_Slave_A_SALA_CONTROL_TAP	
Site Name		
Elapsed Time Indicator	118 Days 01:18:43	

ANEXO E: LOGICA APLICACIÓN NODE-RED

Accionamineto electrovalvulas



Monitoreo sensor hidrostático Simulado. En terreno es necesario realizar la asignación de 2 GPIO para el cableado de los sensores a la raspberry PI.



ANEXO F: CONFIGURACION DE CÁMARA IP BOSCH

Acceso a la red

Asignación automática de IPv4

DHCP

Desactivado ▼

Ethernet

IPv4

Dirección IP

10.116.1.24

Dirección automática

0.0.0.0

Máscara de subred

255.255.255.0

Dirección puerta de acceso

10.116.1.254

IPv6

Dirección IP

fd00::7:5f84:604a:1

Dirección automática

::

Identificación

Nombre del dispositivo

ESTANQUE AGUA

ID del dispositivo

Video 1

ESTANQUE AGUA

Nombre de host

ESTANQUE AGUA

Extensión del iniciador



ANEXO G: COTIZACIONES MATERIALES DE FERRETERIA



NHTD

Cable SFTP Cat 6A NHTD
305m 4 Pares 23AWG
LSZH Blindado con Malla Verde
\$216.000

Precio Neto: \$181.513

SKU: 10185NHA02

Modelo:

Garantía: 6 meses

Disponibilidad: Entrega inmediata



Comdiel

Conector RJ45 CAT 6
Macho FTP Blindado
23AWG 100 Unidades
\$13.800

Precio Neto: \$11.597

SKU: 21024AD

Modelo:

Garantía: 6 meses

Disponibilidad: Entrega inmediata



RHONA

Código Rhona: 25

Cable RV-K 14 AWG
 Monoconductor flexible - 0,6/1kV

Precio: \$ 679 MTS (IVA Inc.)

Cantidad:

-

1

+

AGREGAR AL CARRO ►

Imagen Referencial

Construcción / Electricidad / Cables y Accesorios / Cables Eléctricos

vender uno igual | Comprar



Nuevo | +50 vendidos

Pack 3 Rollos Cables Thhn 14 Awg 100mts Certificado Sec

4.9 ★★★★★ (10)

\$ 101.120
en 6x \$ 16.853 sin interés

[Ver los medios de pago](#)

Cupón \$ 5.000 OFF. Compra mínima \$ 60.000.

Llega gratis mañana
Solo en Santiago de Chile
Comprando dentro de las próximas 23 h 20 min
[Más formas de entrega](#)

Stock disponible



PULSADOR PARADA DE EMERGENCIA 22MM ROJO 1NC GIRAR PARA DESENCLAVAR

SKU: 92730

Fabricante: Schneider-Electric

Referencia del Fabricante: XB4BS8442

PULSADOR PARADA DE EMERGENCIA 22MM ROJO 1NC GIRAR PARA DESENCLAVAR

STOCK DISPONIBLE ✓

Retira en tu Sucursal más cercana

LOCALIDAD STOCK

Imagen referencial

PREPARA TU CARRITO

\$38.798
Impuestos incluidos

Precio válido sólo por compras online

Compra Mínima: 50000 Pesos Chilenos

Elige un almacén*
Estos son los almacenes que tienen disponibilidad de este producto, por favor, selecciona uno:

SANTIAGO / 78 articulo

← Home > Ferretería y construcción-Electricidad > Automáticos, Tableros y Medidores



LEGRAND
Interrupor automático 20 A curva C 6KA

Código del producto: 110235810 Cód. tienda: 168521

★★★★★ 4.9 (28) [Calificar](#)

Vendido por Sodimac

\$ 7.990 / Unidad

- 1 + Máximo 999 unidades.

Agregar al Carro

¿AÚN NO TIENES TU CMR BANCO FALABELLA?
Ábrela ahora y obtén \$10.000 de descuento.



-15%

GABINETE TABLERO METÁLICO 300X200X150 IP65 1 PUERTA

GABINETE

★★★★★ 0.0 (0)

SKU: 01010302015



Stock por sucursal

Disponible

Antes \$ ~~27.390~~

Ahora \$ **23.282**

CANTIDAD

1

Agregar al carro

Gabinete Tablero Metálico 300x200x150 Ip65 1 Puerta

DESCRIPCIÓN



-15%

GABINETE TABLERO METÁLICO 600X400X200 IP65 1 PUERTA

GABINETE

★★★★★ 0.0 (0)

SKU: 01010604020



Stock por sucursal

Disponible

Antes \$ ~~83.299~~

Ahora \$ **70.804**

CANTIDAD

1

Agregar al carro

Gabinete Tablero Metálico 600x400x200 Ip65 1 Puerta

DESCRIPCIÓN



Variadores – motores – protección de circuitos Schneider electric SKU LC1D12M7

LC1D12M7 SCHNEIDER ELECTRIC

EN STOCK Entrega urgente

Nuevo - 12 Meses de Garantía

CLP 37,768.00

1



Agregar



-50%

VENTA POR UNIDAD

SKU 0600722110

Pulsador Armado Partir/Parar 1na+1nc Ip54

RED CONTROL

 Descargar Ficha Técnica en PDF

\$8.276 IVA Incluido **Precio Exclusivo Internet**

~~\$16.552~~

- 1 +

AGREGAR AL CARRO



-50%

SKU 0710722030

Piloto Led 22mm Rojo 220v Ac/Dc Ad22-22ds(A)

RED CONTROL

 Descargar Ficha Técnica en PDF

\$1.379 IVA Incluido **Precio Exclusivo Internet**

~~\$2.758~~

- 1 +

AGREGAR AL CARRO

ANEXO H: COTIZACIONES DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS.

Inicio / Shop / Raspberry Pi® / Tarjetas Pi / Raspberry Pi 3 Modelo B+

SOLD OUT

Raspberry Pi 3 Modelo B+

\$58.990

Agotado

Notifícame cuando esté disponible

Nombre

Nuevo

Cámara De Seguridad Bosch Flexidome Ip Starlight 7000

\$13,464

\$12,804 4% OFF

en 18 meses sin intereses de \$ 711³³

IVA incluido

[Ver los medios de pago](#)

Envío gratis a todo el país

Conoce los tiempos y las formas de envío.

[Calcular cuándo llega](#)

Color: Blanco

Cámara IP en pesos mexicanos

Bosch NP-D 6001B Single Port 1080p High PoE Midspan with 1x Input

H #BONPD6001B • MFR #NPD-6001B

BOSCH
Authorized Dealer

In Stock

\$149.95

Pay in 4 interest-free payments of \$37.49 with **PayPal**. [Learn more](#)

[Share](#) [Print](#)

1

Add to Cart

Add to Wish List

[Calculate Shipping](#)

[Protect Your Gear](#)

Add a protection plan from \$13.99

[See Options](#)

Used from \$81.95

Ask Our Experts



PTP Upgrades, PTP54600/58600 Series Lite to Full Upgrade Key - End Only

PN# Fabricante: WB2405B

Pricing shown below may be subject to tariffs.

Precio de Lista: \$1600.00

Tu Precio: [Login](#)

Cantidad en Stock: [Login](#)

Cantidad Ordenada: -



[Solicitud de Cotizacion](#)



Inyector Ubiquiti PoE 48VDC 24W Puerto LAN Gigabit 802.3af

[Opinar de este producto](#)

UBIQUITI

SKU: U-POE-AF

Nuevo

Recibelo GRATIS el Jueves

Precio: \$ 12.990 Precio Transferencia

IVA Incluido

\$ 13.990 Precio Normal

Stock: • Disponible, 20 unidades

Cantidad:



Stratix Allen bradley SKU 1783BMS10CL

1783-BMS10CL ALLEN-BRADLEY

5 EN ESTOCK

Entrega urgente

CLP 1,133,032.00



Agregar

[Calcular costo de envío](#)

[Solicitud de cotización](#)

Reservación



Fuente de alimentación Mean well SKU EDR12024

EDR-120-24 MEAN WELL

EN ESTOCK Entrega urgente

Nuevo - 12 Meses de Garantía

CLP 22,859.00

1



Agregar



ente Whatsapp

VÁLVULA ICV

Riego Automático Hunter

Conexión: 1" (32 mm); 1½" (50 mm); 2" (63 mm); 3" (90 mm)

Caudal: 0,06 a 68 m³/h

Caudal: 0,4 a 1135 l/min

Imagen	SKU	Descripción	Precio \$ / uni	Cantidad
	112052	VALVULA SOLENOIDE ICV101 1" C/C FLUJO	\$75.490	- 0 +
	112054	VALVULA SOLENOIDE ICV151 1 1/2" C/C FLUJO	\$98.490	- 0 +
	112056	VALVULA SOLENOIDE ICV201 2" C/C FLUJO - AGOTADO	\$125.990	- 0 +
	112058	VALVULA SOLENOIDE ICV301 3" C/C FLUJO	\$403.990	- 0 +



Transformador 24 Vac 3A/72VA

\$26,990

Transformador Monofásico de corriente alterna



Voltaje de Entrada : 220 V

Voltaje de Salida : 24 V

Potencia : 3 A / 72 W

Terminación : Cables de conexión y abrazadera metálica

Fabricación : Transformadores Mora

☐ Agotado

Categoría: Transformadores 24 VAC



Comunicación industrial Siemens SKU 7MF15721CA10

7MF1572-1CA10 SIEMENS

EN ESTOCK Entrega urgente

Nuevo - 12 Meses de Garantía

CLP 854,744.00

— **1** +



Agregar



Calcular costo de envío

Solicitud de cotización