



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA

UNAN - MANAGUA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**TEMA:**

“PROPUESTA DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE TRITURACION Y MOLIENDA PARA LA EXTRACCION DEL ORO EN MINA LA ESPERANZA, RIO SAN JUAN, UTILIZANDO TECNOLOGIA PLC DURANTE EL SEGUNDO SEMESTRE DEL 2021”.

**SEMINARIO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO  
ELECTRÓNICO.**

**Elaborado por:**

**Carnet**

**Br. Alberto Calixto Vásquez Rodríguez**

**17043890**

**Br. Jocksan Duvan Flores Ramírez**

**17041734**

**TUTOR: Msc. Milcíades Delgadillo.**

**ASESOR TÉCNICO: Msc. Octavio Salgado.**

**ASESOR METODOLÓGICO: Msc. Sergio Ramírez.**

**Diciembre del 2021**

“PROPUESTA DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE TRITURACION Y MOLIENDA PARA LA EXTRACCION DEL ORO EN MINA LA ESPERANZA, RIO SAN JUAN, UTILIZANDO TECNOLOGIA PLC DURANTE EL SEGUNDO SEMESTRE DEL 2021”.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo primeramente a Dios nuestro creador porque me ha permitido llegar hasta esta etapa de mi vida, por llenarme de bendiciones como la sabiduría y el entendimiento para seguir adelante y poder comprender esta carrera universitaria que estoy por culminar.

A mis padres, Esperanza Rodríguez y Calixto Vasquez por su apoyo incondicional durante toda mi vida, por todos los consejos y sacrificios que han hecho para darme la oportunidad de estudiar una carrera profesional, con la misma importancia a mi hermana Yissell Vasquez por todo su apoyo y por ser mi pilar y mi norte a seguir.

A mis maestros que en todos estos años con paciencia, esfuerzos y dedicación me brindaron sus importantes conocimientos para poder alcanzar mis metas.

Por último, y no menos importante a todas las personas que de una u otra manera me apoyaron y motivaron a seguir adelante para poder cumplir mi sueño de ser un ingeniero.

**Alberto Calixto Vasquez Rodríguez.**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo va principalmente dedicado a Dios por permitirme culminar esta etapa de estudio con éxito, seguidamente a mi madre Karla Ramírez, abuela María Estela, hermana Génesis Ramírez, por haber fomentado en mí el deseo de superación y por ser el soporte en los duros fracasos a lo largo de la carrera, así mismo a la persona a quien le tengo un gran cariño y afecto por darme palabras de apoyo y abrazos reconfortantes para motivarme y ayudarme hasta donde le fue posible, y por ultimo pero no menos importante, a los familiares cercanos por ser los que siempre estuvieron conmigo y que de una u otra forma contribuyeron con el objetivo de graduarme.

**Jocksan Duvan Flores Ramírez.**

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios creador de todas las cosas por permitirnos llegar hasta esta etapa de nuestras vidas, por darnos salud, sabiduría y entendimiento para poder realizar con éxito este trabajo investigativo.

A nuestros padres y demás familiares que nos dieron su apoyo incondicional durante nuestra formación académica hasta este nivel profesional y durante todo el tiempo de esta investigación.

A nuestros maestros, **Tutor:** Msc. Milcíades Delgadillo, **Asesor técnico:** Msc. Octavio Salgado y **Asesor metodológico:** Msc. Sergio Ramírez, que nos ayudaron y aportaron sus conocimientos para que pudiéramos realizar este trabajo de la mejor manera.

Por último, a todos nuestros docentes de la UNAN-Managua por la paciencia de cada día durante estos cinco años para transmitir sus conocimientos a lo largo de nuestra carrera como estudiantes universitarios de la carrera de Ingeniería Electrónica.

## **RESUMEN**

En el presente trabajo se muestra la propuesta de un diseño para un sistema automatizado de los procesos de trituración y molienda en la mina la Esperanza ubicada en el departamento de Rio San Juan, utilizando Controlador Lógico Programable (PLC), con el fin de agilizar sus procesos y facilitar el trabajo de los obreros.

El estudio inicialmente se realizó haciendo una descripción de los procesos que se dan actualmente en la Mina, para el diagnóstico del funcionamiento de sus procesos, esto con el fin de hacer una propuesta que permitiera mejorar su sistema actual.

En correspondencia al diseño metodológico la investigación es del tipo cualitativa porque se utiliza la revisión bibliográfica, el método de observación participante y entrevistas para recopilar datos no numéricos pero que son verídicos para el beneficio de la investigación.

El área de estudio se desarrolló sobre la línea de investigación de Automatización Industrial de la facultad de Ciencia e Ingeniería de la UNAN-Managua, el universo lo representan todas las minas que se encuentran ubicadas en el departamento de Rio San Juan y la muestra es la Mina La Esperanza.

De igual manera se realizó una simulación en el Software My OpenLab para mostrar de manera grafica el correcto funcionamiento del sistema automatizado para la extracción de ORO utilizando tecnología PLC LOGO V8.

## Contenido

I.	INTRODUCCION .....	1
II.	ANTECEDENTES .....	2
III.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
IV.	JUSTIFICACION.....	4
V.	OBJETIVOS .....	5
5.1.	OBJETIVO GENERAL .....	5
5.2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	5
VI.	FUNDAMENTOS TEORICOS.....	6
6.1.	La minería artesanal.....	6
6.2.	Mineralogía.....	6
6.2.1.	Depósitos de oro.....	6
6.2.2.	Mena de oro.....	6
6.3.	Extracción.....	7
6.3.1.	Tipos de depósitos minerales. ....	7
6.3.2.	Unidades de extracción. ....	7
6.4.	Transporte.....	7
6.5.	Procesamiento.....	8
6.6.	Método de procesamiento determinado por mineralogía. ....	9
6.7.	Automatización.....	9
6.8.	Automatización industrial.....	10
6.9.	Elementos básicos de un sistema automatizado. ....	10
6.10.	Sistemas de control. ....	11

6.10.1. Ciclo abierto.....	11
6.10.2. Ciclo Cerrado.....	12
6.11. Controlador lógico programable (LOGO).....	13
6.11.1. Estructura interna.....	14
6.11.2. Módulo de expansión.....	14
6.12. Sensores.....	15
6.13. Banda transportadora.....	16
6.13.1. Componentes generales de una banda transportadora.....	16
6.13.2. Características de construcción de una banda transportadora.....	17
6.14. Descripción de cadeSIMU.....	17
6.15. Actuadores.....	19
6.16. Trituradoras.....	21
VII. DISEÑO METODOLOGICO.....	22
7.1. Tipo de estudio.....	22
7.2. Tipo de enfoque.....	22
7.3. Área de estudio.....	22
7.4. Universo.....	22
7.5. Muestra.....	23
7.6. Definición y Operacionalización de variables, (MOVI).....	24
7.7. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	26
7.8. Procedimientos para la recolección de Datos e Información.....	26
7.9. Plan de tabulación y análisis.....	26
VIII. DESARROLLO.....	27



8.1.	Descripción de los procesos actuales para la extracción de oro en Mina la Esperanza, Rio San Juan.....	27
8.1.1.	Extracción del Material.....	28
8.1.2.	Transporte del material hasta el lugar de procesamiento.....	28
8.1.3.	Proceso de trituración (Chancado).....	28
8.1.4.	Proceso de agregado del material a la rastra mezcladora.....	29
8.1.5.	Encendido del motor manualmente.....	29
8.1.6.	Abrir la llave de agua manualmente.....	29
8.1.7.	Proceso de Molienda.....	29
8.1.8.	Finalización de todo el proceso.....	30
8.2.	Diseño de un sistema automatizado de los procesos de trituración y molienda para la extracción de oro utilizando controlador lógico programable.....	31
8.2.1.	Diagrama en bloque para el nuevo Sistema Automatizado.....	32
8.2.2.	Diagrama de flujo.....	33
8.2.3.	Diseño eléctrico del sistema Automatizado.....	36
8.2.4.	Etapas del sistema de control para el proceso de extracción de oro utilizando PLC.....	41
8.3.	Simulación del funcionamiento del sistema controlado por el PLC LOGO V8.....	61
IX.	CONCLUSION.....	64
X.	RECOMENDACIONES.....	65
XI.	BIBLIOGRAFIA.....	53
XII.	ANEXOS.....	55
12.1.	Procesos para la Extracción de ORO actualmente.....	55
12.2.	Presupuesto.....	61
12.3.	Entrevista.....	64

## Índice de Figuras.

Figura 6.1.1. Etapas de la Minería. ....	6
Figura 6.6.1 Método de procesamiento Artesanalmente.....	9
Figura 6.8.1 Automatización industrial.....	10
Figura 6.9.1. Elementos básicos de un sistema automatizado. ....	11
Figura 6.10.1. Ciclo Abierto.....	12
Figura 6.10.2. Ciclo cerrado.....	12
Figura 6.11.1. Controlador Lógico Programable. ....	13
Figura 6.11.2. Estructura interna de un PLC.....	14
Figura 6.12.1 Tipos de Sensores. ....	15
Figura 6.14.1 Simbología Eléctrica.....	18
Figura 6.15.1. Electroválvulas.....	20
Figura 7.4.1. Minas ubicadas en el departamento de Rio San Juan. ....	23
Figura 7.5.1. Micro localización de mina la Esperanza. ....	23
Figura 8.1.1 Diagrama en bloque del proceso artesanal ....	27
Figura 8.2.1 Diagrama en bloque para el nuevo sistema de control. ....	32
Figura 8.2.2 Algoritmo de programación.....	34
Figura 8.2.3 Diagrama eléctrico de mando. ....	36
Figura 8.2.4 Diagrama electrónico de fuerza. ....	37
Figura 8.2.5 conexiones de entrada y salida al LOGO.....	38
Figura 8.2.6 Programación para el sistema automatizado en cadesimu. ....	39
Figura 8.2.7 Diagrama Electrónico del sistema. ....	40
Figura 8.2.8 Pulsadores de inicio y de paro. ....	41

Figura 8.2.9. Motor para la banda transportadora.....	42
Figura 8.2.10 Características de la banda transportadora.....	45
Figura 8.2.12 Diagrama en bloque del proceso de banda transportadora. ....	47
Figura 8.2.13. Tolva de alimentación.....	49
Figura 8.2.14. Tolva de descargue. ....	50
Figura 8.2.15. Sistema de trituración. ....	50
Figura 8.2.16. Control del área de alimentación de la tolva.....	51
Figura 8.2.17. Criba de hierro. ....	51
Figura 8.2.18. Motor Monofásico del Triturador.....	52
Figura 8.2.19. Figura. Diseño de una trituradora de martillo.....	53
Figura 8.2.20 Ubicación del primer sensor del Triturador.....	54
Figura 8.2.21 Posicion del segundo sensor del Triturador.....	55
Figura 8.2.22 Diagrama bloques del triturador de martillos. ....	55
Figura 2.2.23 Diagrama de bloque del proceso de molienda. ....	56
Figura 8.2.23 Diseño estructural del sistema automatizado.....	57
Figura 8.3.1 Panel de control. ....	61

## Índice de Imágenes.

Imagen 12.1.12.1.1 Extracción del material con rota martillo.....	55
Imagen 12.1.2 Extracción del material con retro cavadora.....	55
Imagen 12.1.3 Transporte del material con mulas y caballos.....	56
Imagen 12.1.4 Transporte del material en sacos.....	56
Imagen 12.1.5 Trituración manual.....	57
Imagen 12.1.6 Agregado del material a la rastra Mezcladora.....	58
Imagen 12.1.7 Agregado del material con palas.....	58
Imagen 12.1.8 Encendido de motor manualmente.....	59
Imagen 12.1.9 Abriendo la llave para el paso de agua.....	59
Imagen 12.1.10 Proceso de molienda.....	60
Imagen 12.1.11 Rastra Mezcladora.....	60

## Índice de tablas.

Tabla 1. Acrónimos y abreviaturas.....	35
Tabla 2. Especificaciones técnicas motor 1rf3 098-2.....	53
Tabla 2. Elementos utilizados para el diseño del sistema automatizado.....	58
Tabla 3. Presupuesto del sistema de control automático.....	61

## **I. INTRODUCCION**

En la actualidad la humanidad está regida por la tecnología, por lo que el uso de controladores lógicos programables en las industrias y en las pequeñas y medianas empresas es muy evidente, en su mayoría se ha recurrido al LOGO siemens 8 por su eficacia en los circuitos automatizados. Estos dispositivos son capaces de realizar trabajos automáticamente, es decir, sin que el humano esté presente. Únicamente se le debe programar indicando la tarea que debe realizar, de manera que se especifique cuáles serán sus señales de entrada como las de salida.

En el presente estudio se realiza una descripción de los procesos que se llevan a cabo para la extracción del oro en la mina la Esperanza los cuales son; extracción del material, la trituración y la molienda del material con agua, de igual manera se observan los mecanismos que se utilizan para estos procesos antes mencionado, lo cual todos se realizan de manera manual; una vez realizadas las observaciones se propone un nuevo sistema que sea más eficiente con el uso de nueva tecnología como lo es el dispositivo Control Lógico Programable (PLC), adecuado para este tipo de procesos.

Conforme al análisis realizado, se ha creado un nuevo diseño de un sistema automatizado con el propósito de mejorar al que está actualmente, este nuevo diseño cuenta con una banda transportadora con sensores, un triturador de martillos y una electroválvula, lo cual serán controlados por medio de un PLC; el diseño electrónico estará realizado en el software cadeSIMU, y su representación gráfica se podrá visualizar en el programa My OpenLab.

Con esta propuesta se presenta un sistema automatizado de trituración y molienda a los dueños de la mina para que los responsables de las operaciones mineras puedan tener una mayor eficiencia a través de un sistema controlado por PLC que garantice facilidad, agilidad y que permitan convertir los problemas que presentan actualmente en nuevas oportunidades de crecimiento y desarrollo, también se busca beneficiar a los trabajadores evitando incidentes y accidentes laborales ya que este sistema antes mencionado ayuda a que los procesos sean más rápidos, seguros y precisos.

## **II. ANTECEDENTES**

En el año 2016 en Lima, Yanque efectuó un estudio cuyo objetivo fue desarrollar un proyecto minero que exigiera el uso intensivo de tecnología de punta para la obtención de minerales, ya que las variadas alternativas tecnológicas para el desarrollo de un proyecto requieren evaluaciones de laboratorio y pruebas piloto que demuestren su factibilidad haciéndose necesario el empleo de tecnologías nuevas de electrónica en el campo del control, la instrumentación, la automatización, informática y la telemática, que en conjunto forman un verdadero sistema de control y supervisión de un determinado proceso, por consiguiente se desarrollaría un sistema de control y supervisión monitoreo, lo que permitirá evitar tiempos muertos por atoramiento y a la vez que desde la consola de cuarto de control de la planta de molienda secundaria tanto el supervisor como el operador puedan tener la facilidad de monitorear el mineral que ingresa al molino, y así verificar el funcionamiento del proceso, controlar los parámetros de operación y modificarlas si fuese necesario mediante la consola de control.

En Managua Nicaragua en el año 2016, Sequeira y Valera realizaron una investigación para mejorar el diseño de funcionamiento eléctrico mediante la automatización y el control de una cinta transportadora que proporcione información y brinde gobernabilidad sobre los distintos parámetros del proceso minero, dedujeron que estas cintas o bandas transportadoras, vienen desempeñando un rol muy importante en los diferentes procesos industriales y esto se debe a varias razones entre las que destacaron las grandes distancias a las que se efectúa el transporte, su facilidad de adaptación al terreno, la posibilidad de transporte de diversos materiales, por tal razón surge la necesidad de remodelar el diseño de funcionamiento de las mismas para mejorar aspectos como la operatividad de la cinta, la flexibilidad en el manejo de materias primas y la adecuación de sus condiciones de trabajo, teniendo como finalidad buscar alternativas que les proporcionen los mismos beneficios y características a un costo módico.

### **III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

Al sur de Nicaragua se encuentra ubicado el departamento de Rio San Juan, este departamento es muy conocido por el valioso mineral que se puede encontrar en sus tierras como lo es el **ORO**, especialmente en el municipio de San Carlos, esto genera que en algunas de sus comunidades gran parte de la población se dedique a la extracción de oro de manera artesanal, a raíz de esto hay muchas minas independientes realizando este trabajo, una de las más conocida es la Mina La Esperanza.

Al realizar este proceso de manera manual implica que sea muy costoso tanto físicamente como monetariamente, ya que no cuentan con equipos electrónicos para sus procesos, esto ocasiona que se desaproveche una gran parte del material utilizado y los dueños no obtengan el ingreso de dinero que deberían de recibir, puesto que solamente poseen un sistema basado en un motor eléctrico acompañado de una caja reductora que hace girar un par de rocas voladoras para moler el material.

La mina no cuenta con una banda transportadora para trasladar las rocas desde una superficie donde están almacenadas en sacos hasta la rastra mezcladora, esto causa que esté permanentemente un trabajador cerca de la rastra, agregando material con una pala cada cierto tiempo; de igual manera no poseen un triturador eléctrico con un mecanismo adecuado para la trituración del material, esto ocasiona que los obreros se lleven mucho tiempo triturándolo de forma manual utilizando mazos y herramientas pesadas para poder hacerlo más fino y esté en las mejores condiciones para ingresar al proceso de molienda.

Al hacer poco uso de tecnología, estas pequeñas minas hacen que sus trabajadores realicen trabajos muy forzosos, agotadores y a veces peligros por su dificultad y por el largo tiempo que demanda cada uno de los procesos que se realizan, al no contar con un sistema más tecnificado causa que su jornada de trabajo se lleve más tiempo y que las máquinas se desgasten más rápido ya que a veces trabajan en tiempos innecesarios por el descuido de los encargados de su manipulación.

#### **IV. JUSTIFICACION**

La presente propuesta se realizó con el propósito de lograr un mejor procedimiento en los procesos de trituración y molienda que se realizan para la extracción del oro en las minas artesanales del departamento de Rio San Juan.

Dicha propuesta pretende mejorar sus procesos de tal manera que se agregan dos mecanismos electrónicos y un actuador eléctrico lo cual se volverán parte de un sistema automatizado. Pues, se considera una de las soluciones más eficientes para mejorar los procesos de trituración y molienda, ya que el uso de una mejor tecnología hará más eficiente el control operativo y optimizara rentabilidad y productividad del mismo, a la vez minimizara el tiempo del proceso y aprovechara las ventajas que ofrecen estos equipos electrónicos para su sistema.

La finalidad de esta propuesta es evitar los contratiempos en los procesos de trituración y molienda que son los primordiales para la extracción del oro y que así sea más optimizado, eficiente y factible, lo que hará de mucha ayuda para el desarrollo de estas pequeñas empresas con el fin que aumenten sus ingresos monetarios, y de cierta manera contribuirá a que la labor de los trabajadores de la mina sea menos forzoso y menos perjudicial para su salud.



## **V. OBJETIVOS**

### **5.1. OBJETIVO GENERAL**

Proponer un sistema automatizado de trituración y molienda para la extracción de oro en Mina La Esperanza, Rio San Juan, utilizando tecnología PLC durante el segundo semestre del 2021”.

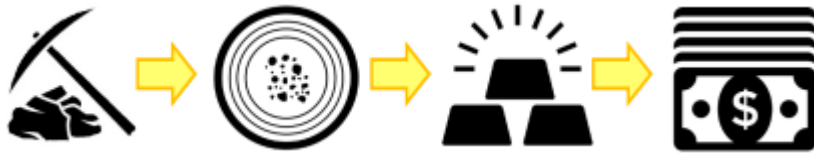
### **5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Describir los procesos actuales de la extracción de oro para el diagnóstico de la funcionalidad de sus diferentes procesos.
2. Diseñar un sistema automatizado para el proceso minero que facilite y agilice las actividades de trabajo.
3. Demostrar a través de una simulación el funcionamiento del sistema controlado por el PLC LOGO V8.

## VI. FUNDAMENTOS TEORICOS.

### 6.1. La minería artesanal.

La minería de oro artesanal y en pequeña escala es la extracción de oro realizada por mineros independientes o compañías pequeñas que cuentan con un capital de inversión y producción limitadas. En general, para producir el oro, la mena de oro se extrae de la tierra con picos, palas entre otras herramientas y se procesa por medio de alguna de las muchas técnicas manuales o semi mecanizadas, para luego convertirse en un bien de valor a través de la venta. (O'Neill J. D., 2017)



*Figura 6.1.1. Etapas de la Minería.*

Fuente: (O'Neill J. D., 2017)

### 6.2. Mineralogía.

#### 6.2.1. Depósitos de oro.

Ciertos procesos naturales hacen que el oro se concentre en algunas formaciones geológicas. La concentración puede suceder debido a procesos en las profundidades de la tierra, como la actividad volcánica, donde los fluidos calientes introducen el oro en venas; o a través de procesos superficiales como la erosión física y química, donde el oro se libera por la erosión y se concentra a través del transporte de sedimentos. (O'Neill J. D., 2017)

#### 6.2.2. Mena de oro.

La Mena de oro es la roca o sedimentos que contienen el oro que los mineros buscan. En la producción de oro, la mena debe procesarse para quitar los otros minerales, dejando así un concentrado de oro. (O'Neill J. D., 2017)

### **6.3. Extracción.**

#### **6.3.1. Tipos de depósitos minerales.**

Según O'Neill, J. D. y Telmer, K, existen dos tipos de depósitos minerales, estos se describen a continuación.

**Roca dura:** La roca dura es un depósito sólido de minerales que no han sido triturados ni transportados. Algunos ejemplos de roca dura son el granito o una vena aurífera de cuarzo. A la roca dura también se le conoce como yacimiento primario de mena.

**Roca blanda:** La roca blanda o yacimiento aluvial es un depósito de sedimentos sueltos. Estos sedimentos se producen por la erosión física de rocas duras, y son movidos por el viento y el agua para producir el sedimento aluvial, que puede ser grava, lechos arenosos en los ríos, y sedimentos viejos en los ríos.

#### **6.3.2. Unidades de extracción.**

Una unidad de extracción es el lugar del cual se extrae la mena. Durante la minería de roca dura, la mena puede extraerse de las paredes de un pozo de mina, que son túneles angostos bajo tierra que siguen la dirección de una vena aurífera, o de canteras a cielo abierto pequeñas o grandes, que no se extienden bajo tierra. (O'Neill J. D., 2017)

### **6.4. Transporte.**

*El transporte es el vínculo entre extracción y procesamiento.*

Cuando se ha extraído la mena de la tierra, deberá transportarse al lugar de procesamiento. Puede trasladarse suelta por medio de un camión o excavadora, o en sacos/bolsas/baldes sobre carretillas, bicicletas, cuatriciclos, animales (caballos, mulas, etc.), o vehículos motorizados (motocarros, camionetas pick-up, excavadoras, camiones de volteo, etc.). (O'Neill J. D., 2017)

## 6.5. Procesamiento.

A si mismo O'Neill, J. D. y Telmer, K. 2017 citan que:

*Para el procesamiento del material surgen los siguientes procesos:*

1. **Chancado:** La mena se reduce de grandes rocas a grava más pequeña a través del chancado. La mena puede chancarse manualmente con un martillo o mecánicamente con distintos tipos de chancadoras (p. ej., una trituradora de mandíbula).
2. **Molido:** La mena chancada se muele para obtener un tamaño de grano más pequeño y uniforme.
3. **Control de tamaño de grano:** La mena molida puede pasar a través de mallas o tamizadores para un mayor control del tamaño de grano. La recuperación del oro se mejora cuando deliberadamente se practica el control de tamaño de grano. El control apropiado de tamaño de grano ayuda a separar más oro de los otros minerales, permitiendo su recuperación.
4. **Concentración:** Las propiedades únicas del oro (pesado e hidrófobo) pueden aprovecharse para separar el oro de otros minerales en la mena molida. Las herramientas utilizadas para concentrar el oro incluyen bateas, canalones, pulsadores, mesas vibradoras, separadores centrífugos, flotación, entre otros.
5. **Amalgamación de mercurio:** El mercurio se mezcla con la mena para separar el oro de otros minerales. El mercurio se une con el oro y con algunos otros metales para formar una amalgama sólida que es aproximadamente mitad mercurio y mitad oro
6. **Exprimido de amalgama (exprimir):** La amalgama y el mercurio líquido residual pueden ahora separarse con facilidad por gravedad, a menudo usando el lavado. Se exprime a través de una tela o cuero para separar la amalgama sólida del mercurio líquido excedente
7. **Vaporización de mercurio:** La bola de amalgama se calienta para vaporizar el mercurio, dando como resultado la “esponja de oro”, que lleva ese nombre por su textura porosa
8. **Fundición:** La esponja de oro se separa de las impurezas fundiéndola en un lingote doré de oro sólido, con una pequeña cantidad de escoria. El doré tendrá una pureza variable que dependerá de la naturaleza del depósito de oro.

## 6.6. Método de procesamiento determinado por mineralogía.

En las minas de roca dura, las etapas comunes de procesamiento involucran el chancado, molido y concentrado (a menudo lavado o barrido con agua). Puede que se añada mercurio en la etapa de molido (amalgamación de mena entera), o en la etapa de concentración (amalgamación de concentrado) para capturar el oro en una amalgama. (O'Neill J. D., 2017)



*Figura 6.6.1 Método de procesamiento Artesanalmente.*

Fuente: (O'Neill J. D., 2017)

## 6.7. Automatización.

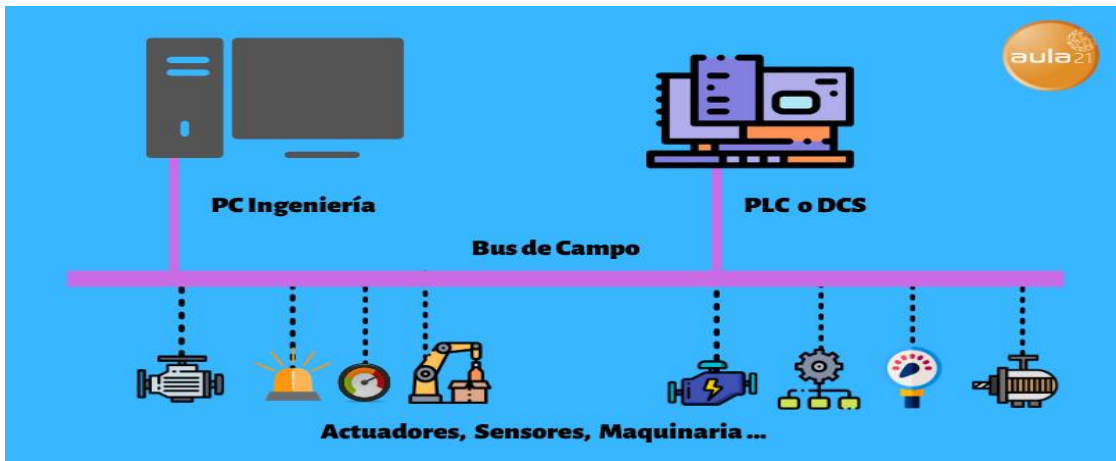
La automatización es un sistema de fabricación diseñado con el fin de usar la capacidad de las máquinas, para llevar a cabo determinadas tareas anteriormente efectuadas por seres humanos, y para controlar la secuencia de las operaciones sin intervención humana.

El término automatización también se ha utilizado para describir sistemas no destinados a la fabricación en los que los dispositivos programados o automáticos pueden funcionar de forma independiente o semi-independiente del control humano. En comunicaciones, aviación y astronáutica, dispositivos como los equipos automáticos de conmutación telefónica, los pilotos automáticos y los sistemas automatizados de guía y control se utilizan para efectuar diversas tareas con más rapidez o mejor de lo que podrían hacerlo un ser humano. (Navarrete, 2020)

## 6.8. Automatización industrial.

Automatización Industrial (automatización; del griego antiguo auto: guiado por uno mismo) es el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar maquinarias y/o procesos industriales sustituyendo a operadores humanos.

La automatización como una disciplina de la ingeniería es más amplia que un mero sistema de control, abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores y transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales. (Ecured, 2019)



*Figura 6.8.1 Automatización industrial.*

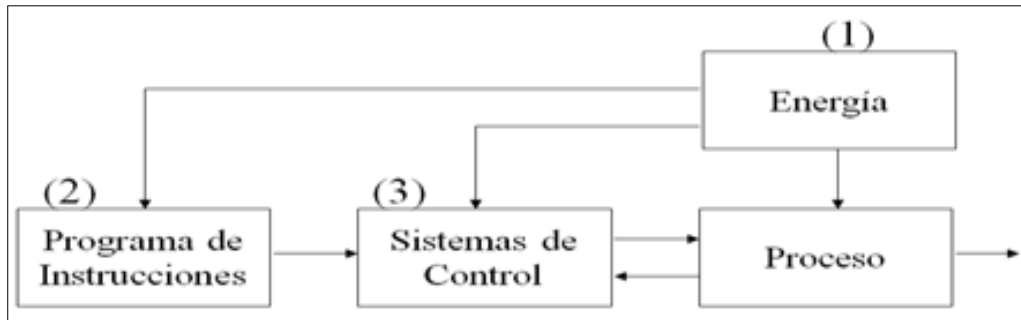
Fuente: (Pinimg, 2015)

## 6.9. Elementos básicos de un sistema automatizado.

Energía: Para completar el proceso y operar el sistema.

Programa: Para dirigir el proceso.

Sistema de control: Para ejecutar las instrucciones.



*Figura 6.9.1. Elementos básicos de un sistema automatizado.*

Fuente: (Navarrete, 2020)

### **Energía para realizar los procesos automatizados.**

Un sistema automatizado es usado para operar algunos procesos. La energía se necesita para manejar el proceso, así como los controladores.

Tipos de energía: Eléctrica, Mecánica, Térmica.

Fuentes alternativas: Combustibles fósiles, hidráulica, solar, eólica.

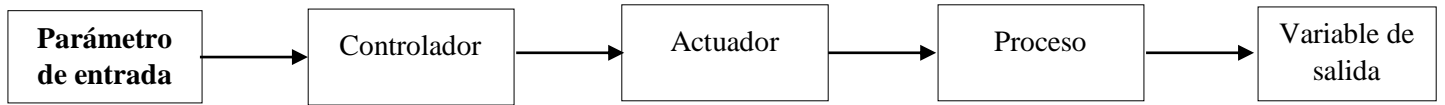
### **6.10. Sistemas de control.**

El sistema de control de un sistema automatizado permite ejecutar el programa y lograr que el proceso realice su función definida. Los sistemas de control pueden ser de dos tipos: Sistemas de control de ciclo cerrado y Sistemas de control de ciclo abierto. (Navarrete, 2020)

#### **6.10.1. Ciclo abierto.**

Un sistema de control de ciclo abierto opera sin el ciclo de retroalimentación, sin medir la variable de salida, de manera que no hay comparación entre el valor real de la salida y el valor deseado en el parámetro de entrada.

Este ciclo a diferencia del lazo cerrado es que es más simple ya que solo le enviamos una señal a la entrada e inmediatamente obtendremos una respuesta a la salida sin el proceso de hacer comparaciones, así lo muestra la siguiente figura.



Sistema de Control de Ciclo Abierto.

Figura 6.10.1. Ciclo Abierto. Fuente: (Navarrete, 2020)

### 6.10.2. Ciclo Cerrado.

En un sistema de control de ciclo cerrado la variable de salida es comparada con un parámetro de entrada, y cualquier diferencia entre las dos es usada para lograr que la salida sea acorde con la entrada.

En todo sistema de ciclo cerrado debe ir un sensor de retroalimentación, la función de este es comparar el nivel de referencia con el de real. Así se puede observar en la siguiente figura.

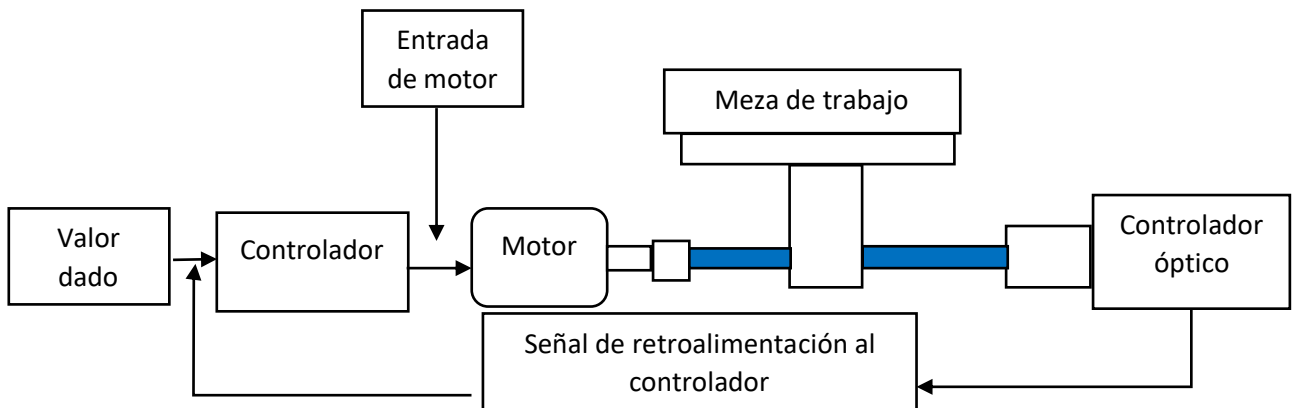
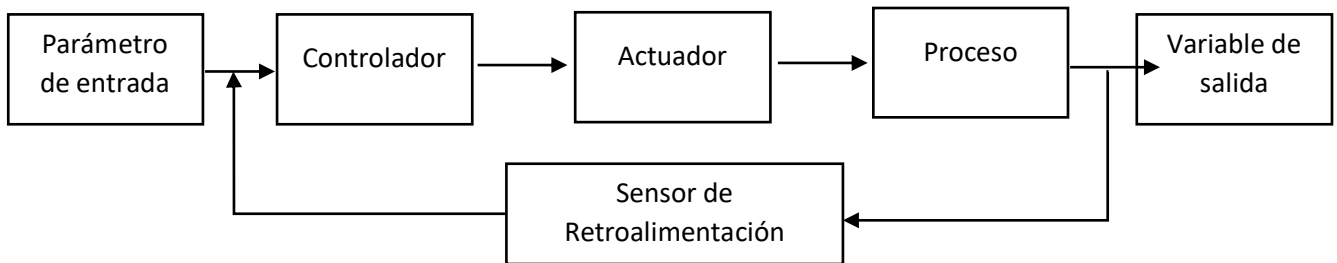


Figura 6.10.2. Ciclo cerrado.

Fuente: (Navarrete, 2020)



## 6.11. Controlador lógico programable (LOGO).



*Figura 6.11.1. Controlador Lógico Programable.*

Fuente: (Sánchez, 2013)

Un PLC es un Controlador Lógico Programable (Programmable Logic Controller), en sí es un sistema de control. Los PLC's son dispositivos electrónicos o computadoras digitales de tipo industrial que permiten la automatización, especialmente de procesos de la industria, debido a que controlan tiempos de ejecución y regulan secuencias de acciones (Murillo Sanchez, 2013).

Así mismo Murillo cita que de acuerdo con la definición de la NEMA (National Electrical Manufacturers Association) un PLC es:

Un aparato electrónico operado digitalmente, que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas para controlar, a través de módulos de entrada/salidas digitales (ON/OFF) o analógicos (1-5 VDC, 4-20 mA, etc.), varios tipos de máquinas o procesos.

### 6.11.1. Estructura interna.

Un PLC consiste básicamente en una CPU (Unidad Central de Procesos); áreas de memoria, y circuitos apropiados para gestionar los datos de entrada y salida. Bajo el punto de vista de reemplazar los antiguos circuitos de relé, el PLC se puede considerar como una caja llena de miles de relés, contadores, temporizadores y lugares para almacenamiento de datos esto es solo una analogía, ya que estos elementos son emulados por el PLC y no existen realmente.

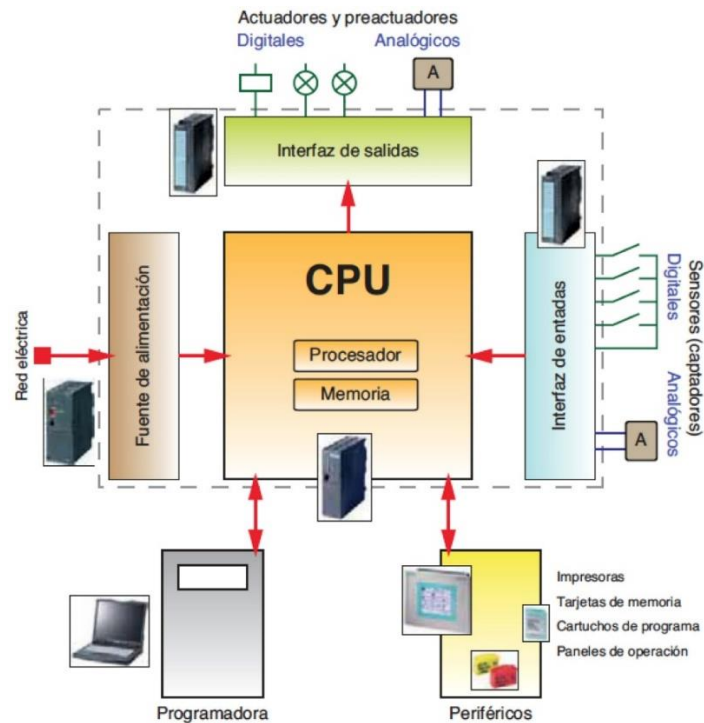


Figura 6.11.2. Estructura interna de un PLC.

Fuente: (EEYMUC, 2016)

### 6.11.2. Módulo de expansión.

Los módulos de expansión permiten ampliar el número de entradas y salidas que posee el PLC, cuando la capacidad de este no cumple con los requerimientos de una aplicación de automatización. (Gicbus, 2018)

## 6.12. Sensores

Un sensor es un dispositivo que está capacitado para detectar acciones o estímulos externos y responder en consecuencia. Estos aparatos pueden transformar las magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas. (Gardey., 2013)

Los sensores y transductores son dispositivos esenciales para realizar la automatización de procesos. La función de los sensores es medir una variable asociada al fenómeno físico y producir una señal de salida medible como voltaje o corriente, la señal de salida es acondicionada por medio de instrumentación electrónica. Por otro lado, un transductor es un dispositivo que convierte un tipo de energía de entrada asociado a la variable de medición en otro tipo de energía eléctrica. (Villega., 2014)

Los sensores cumplen uno de los roles más importantes en estos tipos de sistemas de lazos cerrados, puesto que son los que hacen posible la retroalimentación, en este caso se utilizan sensores como: Sensor **infrarrojo**, sensor LDR Y sensor capacitivo.

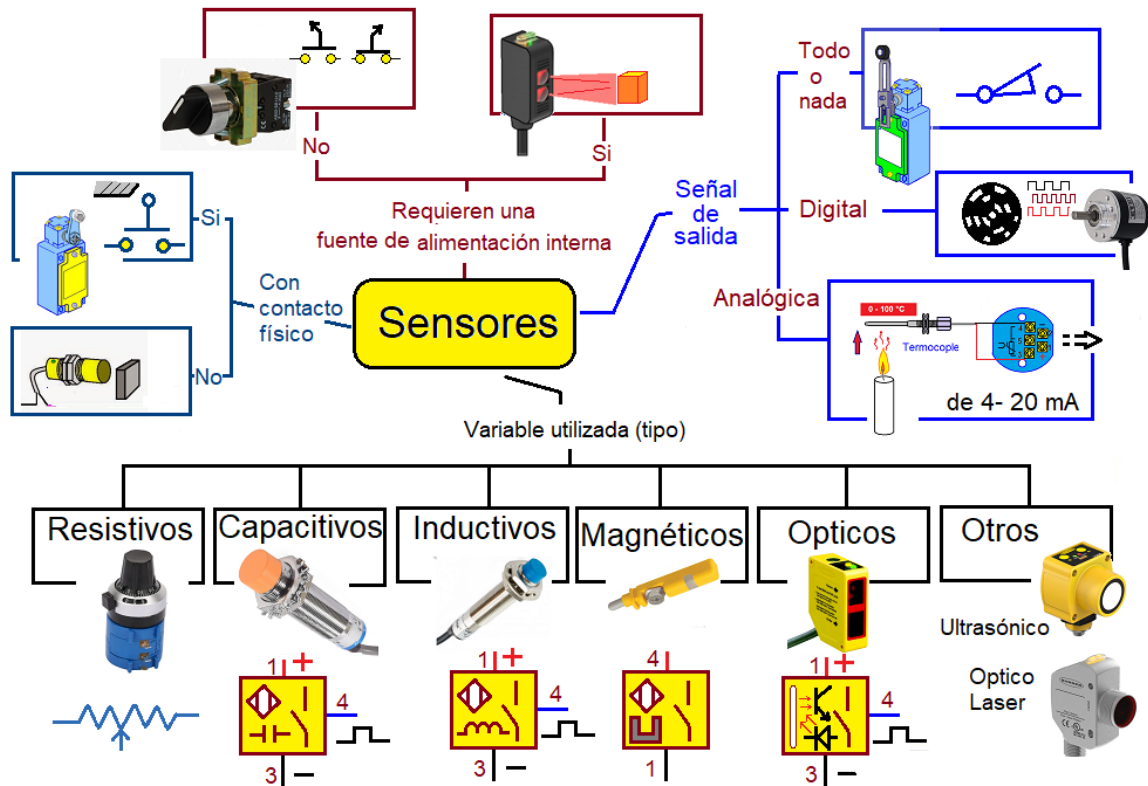


Figura 6.12.1 Tipos de Sensores.

Fuente: (Blogspot, 2017)

### **6.13. Banda transportadora.**

Las bandas transportadoras son sistemas cuyo objetivo es el de recibir un producto de forma continua para conducirlo a otro punto. Son mecanismos que funcionan solos, introducidos en las líneas de proceso y que no requieren por lo general de un operario que manipule directamente sobre ellos de forma continua.

Estos sistemas para el transporte de objetos están formados por dos poleas que mueven una cinta transportadora, las poleas son movidas por motores, haciendo girar la cinta transportadora y así lograr transportar el material depositado en la misma. En el transporte de materiales, materias primas, minerales y diversos productos se han creado diversas formas; pero una de las más eficientes es el transporte por medio de bandas y rodillos transportadores.

Ya que estos elementos son de una gran sencillez de funcionamiento, que una vez instalados en condiciones suelen dar pocos problemas mecánicos y de mantenimiento. Las bandas y rodillos transportadoras son elementos auxiliares de las instalaciones, cuya misión es la de recibir un producto de forma más o menos continua y regular para conducirlo a otro punto. (Villega., 2014)

#### **6.13.1. Componentes generales de una banda transportadora.**

A continuación, se mencionan y describen algunos componentes generales de las bandas transportadoras, está claro que, de un diseño a otro, algunos pueden variar

Apelando a la cita (Torrez, 2010), se obtuvieron los siguientes conceptos del capítulo 6.13.1.

**Estructura de montaje:** la estructura soportante de una cinta transportadora está compuesta por perfiles tubulares o angulares, que se fijan en soportes o torres estructurales apernadas o soldadas en una base sólida.

**Elementos deslizantes:** son los elementos sobre los cuales se apoya la carga, ya sea en forma directa o indirecta, perteneciendo a estos los siguientes:

**Cinta o banda:** su elección dependerá en gran parte del material a transportar, velocidad, esfuerzo o tensión a la que sea sometida, capacidad de carga a transportar, etc.

**Rodillos:** generalmente los transportadores que poseen estos elementos incorporados a su estructura básica de funcionamiento, son del tipo inerte, la carga se desliza sobre ellos mediante un impulso ajeno a los rodillos y a ella misma.

**Elementos motrices:** el elemento motriz de mayor uso en los transportadores es el del tipo eléctrico, variando sus características según la exigencia a la cual sea sometido. Además del motor, las poleas, los engranajes, el motor-reductor, son otros de los elementos que componen el sistema motriz.

**Elementos tensores:** permite lograr el adecuado contacto entre la banda y el tambor motriz, además permite compensar las variaciones de longitud producidas en la banda.

**Tambor motriz y tambor conducido:** la función de los tambores es funcionar como poleas, las que se ubican en el comienzo y fin de la cinta transportadora, el tambor 36 motriz transmite la fuerza tangencial a la banda y el no motriz (conducido) realiza la función de cambio de trayectoria de la banda.

#### **6.13.2. Características de construcción de una banda transportadora.**

Una banda transportadora es un medio de transporte de material de un punto de inicio a un punto de llegada, para efectuar ese trabajo la cinta requiere potencia, la potencia es proporcionada por el tambor motriz o la polea de conducción, el torque del motor se transforma en fuerza tangencial o también llamada tensión efectiva.

La tensión requerida por la correa para mover el material de un punto a otro es la suma de lo siguiente: la tensión que debe vencer la fricción de la correa y de los componentes en contacto con ella, la tensión que debe vencer la fricción de la carga y la tensión que debe aumentar o disminuir debido a los cambios de elevación de la banda transportadora. (Torrez, 2010)

#### **6.14. Descripción de cadeSIMU.**

CADE-SIMU es un programa de edición y simulación de esquemas de automatismos eléctricos. No tiene instalador, se trata de un archivo en formato .ZIP que debe descomprimirse en cualquier carpeta y haciendo doble clic en el ejecutable, basta para que funcione. Además, solicita una clave de acceso. (Lanuza, 2016)

## Simbología eléctrica utilizada en cadeSIMU.

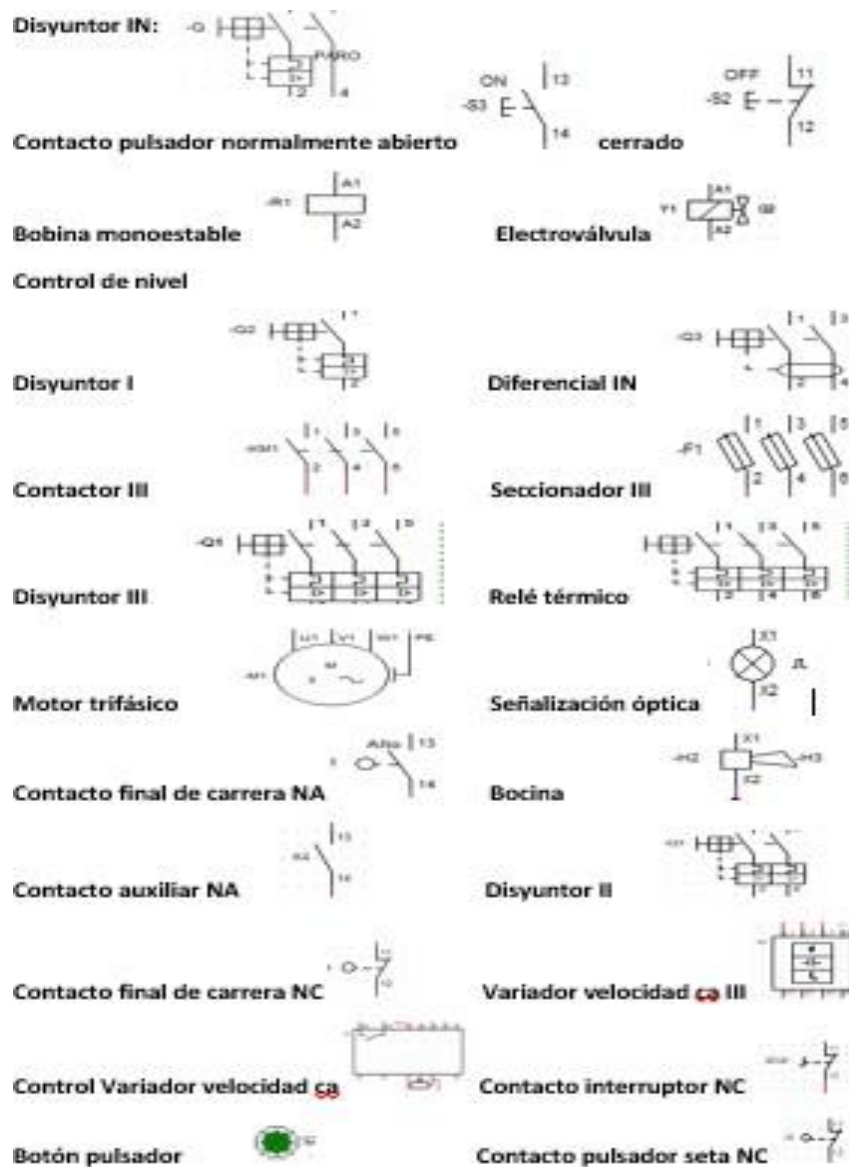
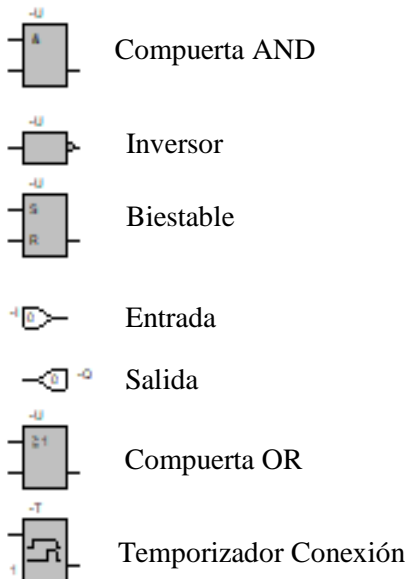


Figura 6.14.1 Simbología Eléctrica.

Fuente: Propia.

## Simbología electrónica de Programación en cadeSIMU.



### 6.15. Actuadores.

Los actuadores son dispositivos que brindan la posibilidad de transformar diferentes tipos de energía para generar algún funcionamiento dentro de un sistema automatizado determinado. Usualmente, los actuadores generan una fuerza mecánica a partir de distintos tipos de energía, como puede ser eléctrica, neumática, o hidráulica. (Brunete, 2013)

Los actuadores electrónicos son accionados por medio de corrientes eléctricas. Algunos tipos de actuadores electrónicos son:

#### 6.15.1.1. Motores eléctricos.

Los motores convierten energía eléctrica en mecánica para realizar un trabajo (se altera el estado de movimiento de un cuerpo) por medio de acción de campos magnéticos variables.

#### 6.15.1.2. Contactores

Este dispositivo electromecánico tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente controlándolo a distancia. Constructivamente son similares a los relés, aunque difieren en su aplicación, ya que los contactores se utilizan como interruptores electromagnéticos en la conexión y desconexión de circuitos elevada tensión y potencia, y los relés manejan corrientes de poco valor.

### **6.15.1.3. Relé.**

Se trata de un dispositivo electromagnético que consiste en un interruptor automático controlado por un circuito eléctrico, en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se actúa sobre uno o varios contactos.

Los relés tienen asociados varios contactos que pueden ser normalmente abiertos (NO) si al pasar corriente por la bobina se cierra el contacto, o normalmente cerrados (NC) si al pasar corriente por la bobina se abre el contacto. (Brunete, 2013)

### **6.15.1.4. Electroválvulas:**

Las electroválvulas son dispositivos que responden a pulsos eléctricos. Gracias a la corriente que circula a través del solenoide es posible abrir o cerrar la válvula controlando, de esta forma, el flujo de fluidos. Generalmente no tiene más que dos posiciones: abierto y cerrado, o todo o nada.



*Figura 6.15.1. Electroválvulas.*

Fuente: (Prooil, 2018)

Las electroválvulas son más fáciles de controlar mediante programas de software. Es ideal para la automatización industrial y también se utilizan en gran número de sistemas y rubros que manejan fluidos como el agua, el aire, el vapor, aceites livianos, gases neutros y otros. En particular, las electroválvulas suelen implementarse en lugares de difícil acceso ya que pueden ser accionadas por medio de acciones eléctricas. (Distretic, 2021)



## **6.16. Trituradoras.**

Apelando a la siguiente fuente (PALLES, 2015) se conceptualiza que es una trituradora y algunos tipos de trituradoras existentes.

Las trituradoras son empleadas en la ruptura de grandes trozos de producto o materia prima, mediante compresión. En la industria se pueden encontrar algunos de los siguientes tipos de trituradora.

### **a) Trituradoras de mandíbulas.**

Utilizadas en la fragmentación primaria de rocas muy duras o de adiciones abrasivas. El movimiento de vaivén que se imprime a la mandíbula trituradora con doble palanca acodada, ejerce principalmente un esfuerzo de descompresión sobre el material.

Trituradoras giratorias.

La reducción de tamaño se realiza, principalmente, por el esfuerzo de compresión que se ejerce entre un anillo cónico, fijo, y una pieza también cónica, que oscila al interior del anillo obrando tal como una mano de mortero.

### **b) Trituradoras de impacto.**

El material de alimentación, al pasar a la cámara de quebrantamiento, se encuentra con un rotor provisto de barras de choques fijas, girando a una velocidad tangencial de 30-40 m/s.

### **c) Trituradoras de martillo.**

Cuando el rotor está en marcha, los martillos, por acción de la fuerza centrípeta se proyectan hacia adelante, en sentido radial. En la cámara de trituración superior el material se somete a un esfuerzo combinado de percusión e impacto por parte de los martillos.

## **VII. DISEÑO METODOLOGICO.**

### **7.1. Tipo de estudio.**

Este estudio se está realizando debido a las características que presenta el proceso de minería artesanal en Mina la Esperanza.

Desde el punto de vista de su finalidad, la investigación es tipo descriptiva, ya que procura el conocimiento con intención clara y definida de aplicarlos en la acción. busca generar saber para el hacer, disponer el conocimiento para la transformación de la realidad.

Atendiendo a sus fuentes a las que se apeló para obtener la información, se considera secundaria, es decir, se basa fundamentalmente de la sistematización de información y datos publicados por diversos autores, aplicándolos a los propios objetivos de la investigación.

### **7.2. Tipo de enfoque.**

El enfoque de esta investigación es de tipo cualitativo porque se integrarán técnicas cualitativas en la de recolección de datos.

### **7.3. Área de estudio.**

Este estudio está centrado en lo que es la línea de investigación de Automatización Industrial de la carrera de Ingeniería Electrónica del departamento de tecnología de la facultad de ciencia e ingeniería de la UNAN-Managua.

### **7.4. Universo.**

En la mayoría de los casos de investigación no es posible estudiar todo el universo a los que se refiere el problema, por lo tanto, solo se trabaja con un grupo específico de individuos o elementos en los cuales se pretende determinar las características susceptibles a ser estudiadas para luego generalizar los resultados a la totalidad.

El universo de esta investigación está formado por todas las minas que se encuentran ubicadas en el departamento de Rio San Juan.



Figura 7.4.1. Minas ubicadas en el departamento de Rio San Juan.

Fuente: Google Earth.

### 7.5. Muestra

Es la que puede determinar la problemática ya que es capaz de generar los datos con los cuales se identifican las fallas dentro del proceso, por ende, la muestra de nuestra investigación es la Mina la Esperanza.

La mina la Esperanza se encuentra ubicada en el sur de Nicaragua, exactamente en el municipio la Esperanza a 25.44 km del municipio de San Carlos, Departamento de Rio San Juan.

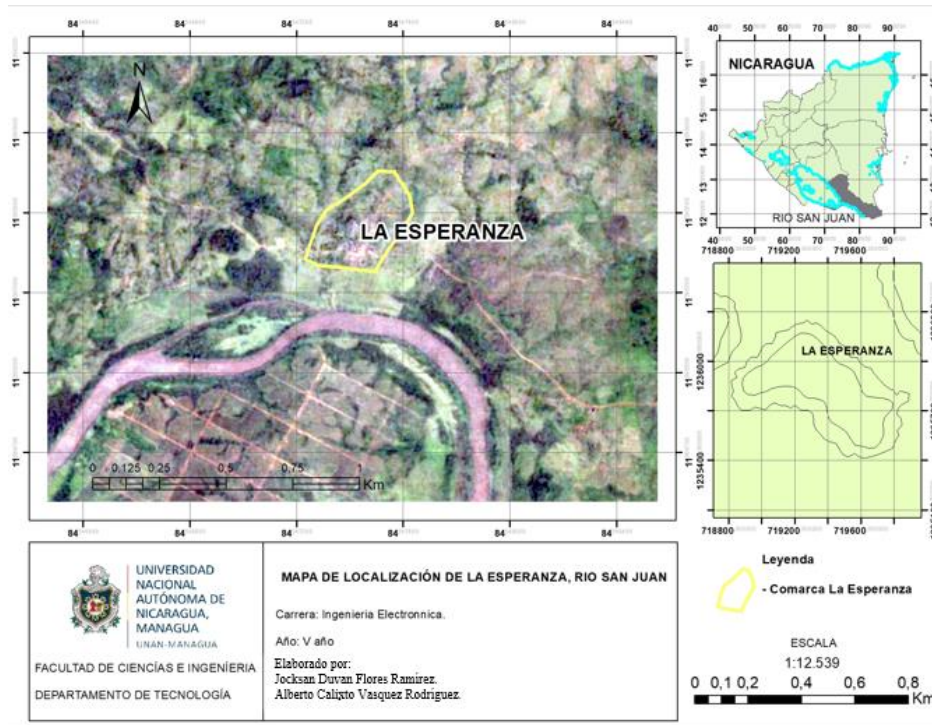


Figura 7.5.1. Micro localización de mina la Esperanza.

Fuente: ArcGIS

**7.6. Definición y Operacionalización de variables, (MOVI).**

Objetivos Específicos	Variable Conceptual	Subvariables, o Dimensiones	Variable Operativa Indicador	Técnicas de Recolección de Datos e Información y Actores Participantes					
				<u>Encuesta</u>	<u>Entrevista</u>	<u>G- Focal</u>	<u>Observación participante.</u>	<u>Revisión bibliográfica.</u>	<u>Análisis. Documental.</u>
<p><b>Objetivo Específico 1.</b></p> <p>Describir los procesos actuales de la extracción de oro para el diagnóstico de la funcionalidad de sus diferentes procesos.</p>	1.Proceso artesanal.	<p>1. 1. Maquinas Obsoletas</p> <p>1.2 Tipo de proceso.</p> <p>1.3 Tipo de extracción de materia prima.</p>	<p>1.1.1 Tipo de equipos artesanal utilizado en el proceso.</p> <p>1.2.1 Elaboración del proceso a mano.</p> <p>1.3.1 Diferentes materias primas que se extrae en el proceso.</p>		✓		✓	✓	

<p><b>Objetivo Especifico 2.</b></p> <p>Diseñar un sistema automatizado para el proceso minero que facilite y agilice las actividades de trabajo.</p>	<p>2. Diseño Automatizado.</p>	<p>2.1. Diseño del circuito.</p> <p>2.2 Diseño de la Programación</p> <p>2.3 Diseño del sistema.</p>	<p>2.1.1 Muestra del circuito y parámetro a seguir para la elaboración del sistema.</p> <p>2.2.1. Elaborar una programación para controlar el sistema.</p> <p>2.3.1 Elaboración del sistema para su presentación.</p>				<p>✓</p>	<p>✓</p>	
<p><b>Objetivo Especifico 3.</b></p> <p>Demostrar a través de una simulación el funcionamiento del sistema controlado por PLC.</p>	<p>3. Simulación del funcionamiento.</p>	<p>3.1 Nueva tecnología.</p> <p>3.2 Desarrollo del sistema de control.</p>	<p>3.1.1 Innovación del proceso tecnificado.</p> <p>3.2.1 Funcionamiento del nuevo diseño implementado.</p> <p>3.3.1 Estructura del nuevo sistema Automatizado.</p>				<p>✓</p>		

### **7.7. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

Para la investigación se realizó la revisión bibliográfica, el análisis documental mediante una exhaustiva búsqueda de datos y documentos electrónicos en internet.

En un segundo momento, para fundamentar lo anterior se llevó a cabo una guía de observación de cómo se realiza el proceso y por último una entrevista a trabajadores del lugar.

### **7.8. Procedimientos para la recolección de Datos e Información.**

Se dio a partir de los diferentes tipos de instrumentos que se utilizan para la recolección de datos por lo que primeramente se realizó una revisión bibliográfica para tener más conocimiento del tema, posteriormente se realizó una observación del sitio para observar los procesos y por último una entrevista a los trabajadores del lugar para obtener los datos específicos sobre sus procesos en la mina.

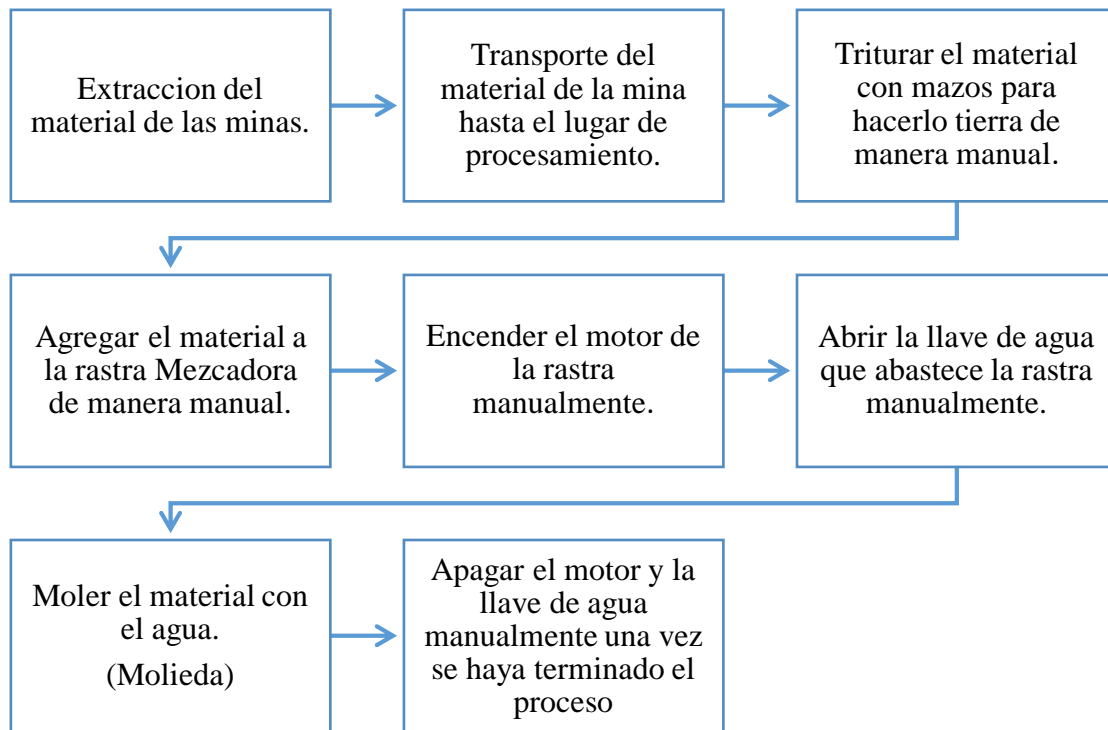
### **7.9. Plan de tabulación y análisis.**

Para la tabulación de los datos obtenidos conforme a nuestros tres objetivos específicos se realizó por medio de entrevistas a trabajadores del lugar, por medio de diferentes observaciones que se hicieron en sus procesos y haciendo uso de softwares de simulación como CadeSimu y MyopenLab

## VIII. DESARROLLO.

### 8.1. Descripción de los procesos actuales para la extracción de oro en Mina la Esperanza, Rio San Juan.

Los procesos que realizan actualmente para la extracción de oro en la mina la Esperanza son totalmente artesanales, estos procesos son los que se pueden observar en el siguiente diagrama en bloques.



*Figura 8.1.1 Diagrama en bloque del proceso artesanal*

Fuente: Propia.

A continuación, se describe por partes de una manera más detallada como se dan los procesos de extracción de oro actualmente.

### **8.1.1. Extracción del Material.**

Para extraer el material de las minas que muchas veces se encuentran en lomas pequeñas dentro de las fincas los dueños de la mina, para esto hacen uso de retro cavadoras debido a la gran cantidad de material que hay en ese lugar, pero a veces la extracción se da en las profundidades de la tierra ya que según lo dicho por Euclides Machado, cuando la mena se extrae de lo más profundo es porque se sigue la dirección de una vena aurífera y la cantidad de oro que se puede encontrar es mucho mayor que la que se encuentra en la superficie, para poder extraerlo de las paredes de la tierra utilizan rota martillos, palas, macanas y en el peor de los casos cinceles y mazos para poder desprenderla, este proceso se puede observar en las imágenes 12.1.1 y 12.1.2 de la sección de Anexos. Cabe mencionar que este es el primer paso para la extracción de oro.

### **8.1.2. Transporte del material hasta el lugar de procesamiento.**

Después de haber extraído el material de la mina se debe transportar hasta el lugar de procesamiento; para poder transportarlas primeramente son empacadas en sacos y hacen uso de cuatriciclos, animales (caballos, mulas), o vehículos motorizados (motocarros, camionetas, camiones de volteo o hacen uso de baldes sobre carretillas, esto dependiendo donde este ubicado el lugar donde se obtuvo el material y la complejidad del camino donde se tienen que transportar.

Este proceso se pueden observar en las imágenes 12.2.1 y 12.2.2 de Anexos.

### **8.1.3. Proceso de trituración (Chancado).**

El proceso de trituración se realiza debido a que en la mayor parte de la mina se extrae una gran cantidad de rocas que contienen el mineral valioso, y deben ser trituradas por los obreros de manera manual utilizando mazos pesados para triturarla para que vuelvan a ser empacadas en sacos y el material esté listo para agregarlo a la rastra mezcladora y se dé el proceso de molienda. Ver imágenes 1 y 2 del capítulo 3 de Anexos.



#### **8.1.4. Proceso de agregado del material a la rastra mezcladora.**

Para agregar material a la rastra mezcladora los trabajadores vacían dentro de la rastra una cierta cantidad de sacos con la tierra que ya fue triturada, después están constantemente con una pala agregándolo cada cierto tiempo para no detener el proceso de molienda, este es uno de los procesos más duraderos y agotadores ya que es el que suministra todo el material que se va a procesar.

Las imágenes de este proceso se pueden observar en el capítulo 4 de Anexos.

#### **8.1.5. Encendido del motor manualmente.**

Este proceso es muy vital ya que es necesario encender el motor y haga girar las rocas voladoras y de esa manera se pueda dar el proceso de molienda, este motor está conectado a la red eléctrica de 220 V, para que pueda accionarse se presiona el breaker de encendido y se inicia el proceso de molienda. Ver imágenes 12.5.1 en Anexos.

#### **8.1.6. Abrir la llave de agua manualmente.**

Al igual que el proceso de encendido del motor el proceso de abrir la llave para el suministro de agua es muy importante ya que el agua hará que el material sea molido por la rastra, tomando en cuenta que esta llave se tiene que abrir al mismo tiempo que se enciende el motor. Este proceso se puede ver en la imagen 12.6.1 de la sección de anexos.

#### **8.1.7. Proceso de Molienda.**

El proceso de molienda es el más importante puesto que para realizarse se debe encender el motor manualmente y al mismo tiempo abrir la llave de agua que abastece la rastra, estos procesos son los descritos anteriormente.

El proceso de molienda se realiza con el objetivo de lograr separar el **ORO** de los demás minerales que contiene la tierra, para esto se hace uso de un químico llamado Mercurio, este proceso cuenta con un motor que mueve 4 rocas voladoras en forma circular, este mecanismo está estructurado por un tubo de metal grueso tipo árbol que es el que soporta las piedras colgantes sostenidas por cadenas, tal mecanismo se conoce por el nombre de **Rastra Mezcladora**, (ver imágenes en el capítulo 7 de Anexos) la función de este mecanismo es mezclar el material con el agua suministrada de manera constante por medio de un tubo PVC de 1 pulgada que tiene una llave de paso que es abierta por los trabajadores solamente cuando se lleve a cabo dicho proceso.

### **8.1.8. Finalización de todo el proceso.**

Una vez se haya terminado se debe apagar el motor y la llave de agua para que todo el proceso se detenga y posteriormente los trabajadores se dediquen a la extracción del oro que se encuentra en el fondo de la rastra por medio de la absorción que realizó el mercurio.

Para este proceso no se adjuntaron imágenes en la sección de anexos debido a que estos se realizan de igual manera que en los procesos 8.1.5 y 8.1.6. por lo tanto, las imágenes serían las mismas.

Al haber descrito detalladamente los 8 procesos que están plasmados anteriormente, se logra cumplir satisfactoriamente el primer objetivo de este presente trabajo el cual es: ***“Describir los procesos actuales de la extracción de oro para el diagnóstico de la funcionalidad de sus diferentes procesos.”***

## **8.2. Diseño de un sistema automatizado de los procesos de trituración y molienda para la extracción de oro utilizando controlador lógico programable.**

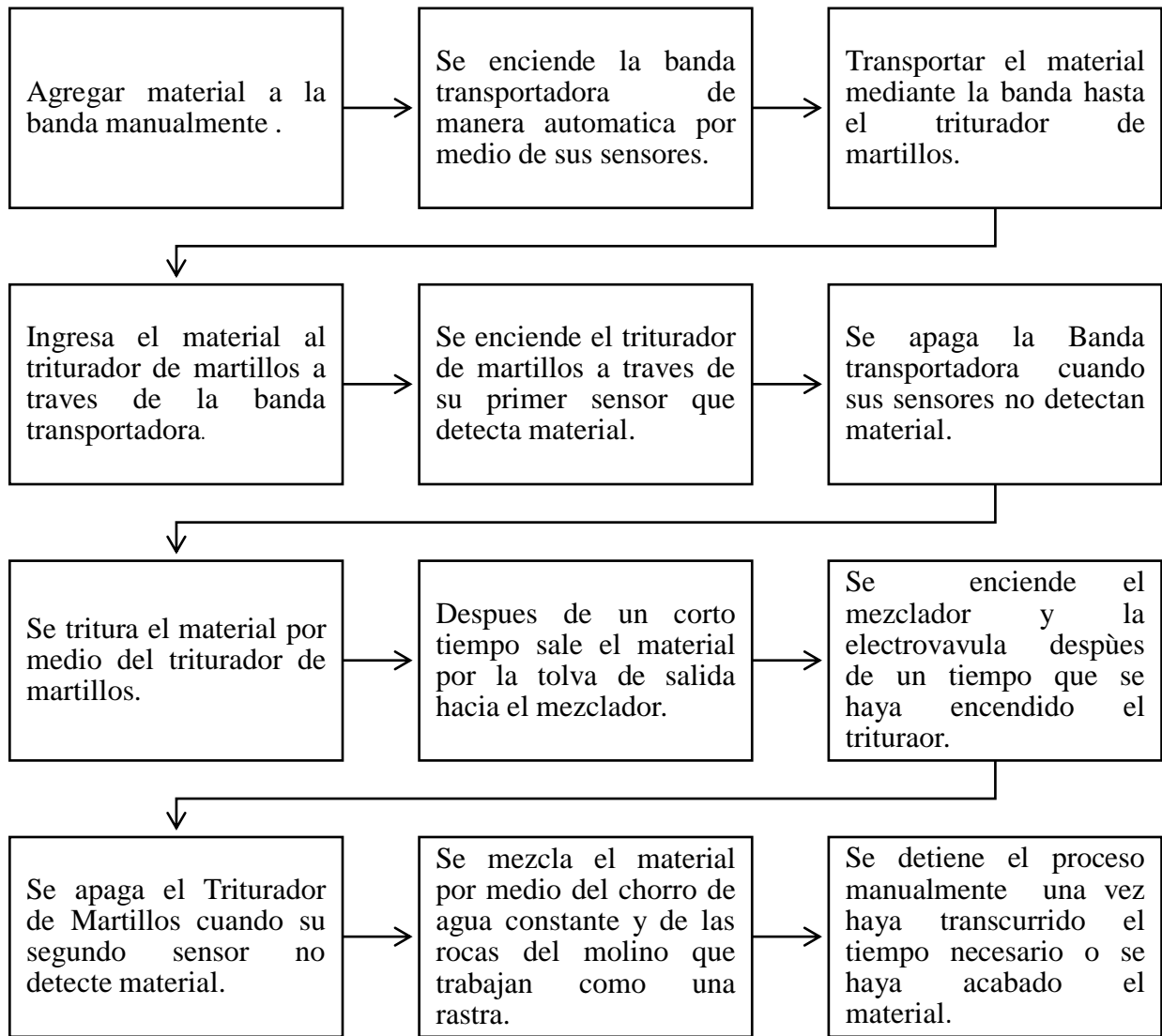
Para la realización del nuevo diseño se tomó en cuenta el diagnóstico realizado en los procesos que se encuentran realizando actualmente en la mina, basado en eso, hemos percibido que en el proceso de trituración los trabajadores se llevan mucho tiempo realizando este trabajo y además es muy costoso, por lo que nuestro diseño está centrado específicamente en lo que es el proceso de trituración y el control del proceso de molienda, ya que para la realización de este último proceso actualmente se realizan muchos subprocesos de manera manual, debido a esto nuestro diseño contempla controlarlos todos mediante un dispositivo Controlador Lógico Programable.

Para la creación del nuevo diseño se elaboró un diagrama en bloques para demostrar la secuencia que llevará tal diseño y la manera de cómo funcionará, recalando que se basa en los procesos de trituración y molienda; se parte desde ahí ya que los procesos que se realizan con anterioridad no se pueden cambiar por su naturalidad de cómo se realizan.

El diagrama en bloques que se presenta a continuación muestra de una manera sencilla los procesos que se realizarán en el nuevo diseño. Es muy importante mencionar las mejoras que se realizarán por lo que a continuación se describen.

Este nuevo diseño cuenta una banda transportadora con el objetivo de solventar el traslado de los sacos del lugar donde están almacenados hasta la rastra mezcladora, siendo de esta manera que los trabajadores que vienen transportando el material desde el lugar donde fueron extraídos solamente des vacien los sacos sobre la banda y ella automáticamente lo traslade hacia el triturador de martillos para que reduzcan su tamaño después de haber pasado por este mecanismo; posteriormente el material ingresa a la rastra mezcladora por medio de la tolva de salida del triturador; poco tiempo después de haber ingresado se activa el motor y la electroválvula de manera automática para el proceso de molienda.

### 8.2.1. Diagrama en bloque para el nuevo Sistema Automatizado.



*Figura 8.2.1 Diagrama en bloque para el nuevo sistema de control.*

Fuente: Propia.

A continuación, se presenta lo que es el diagrama de flujo o el algoritmo de programación, lo cual está basado en lo que es todo el funcionamiento lógico del sistema, es decir todos los aspectos se toman en cuenta para el nuevo diseño funcione de la mejor manera.

### **8.2.2. Diagrama de flujo.**

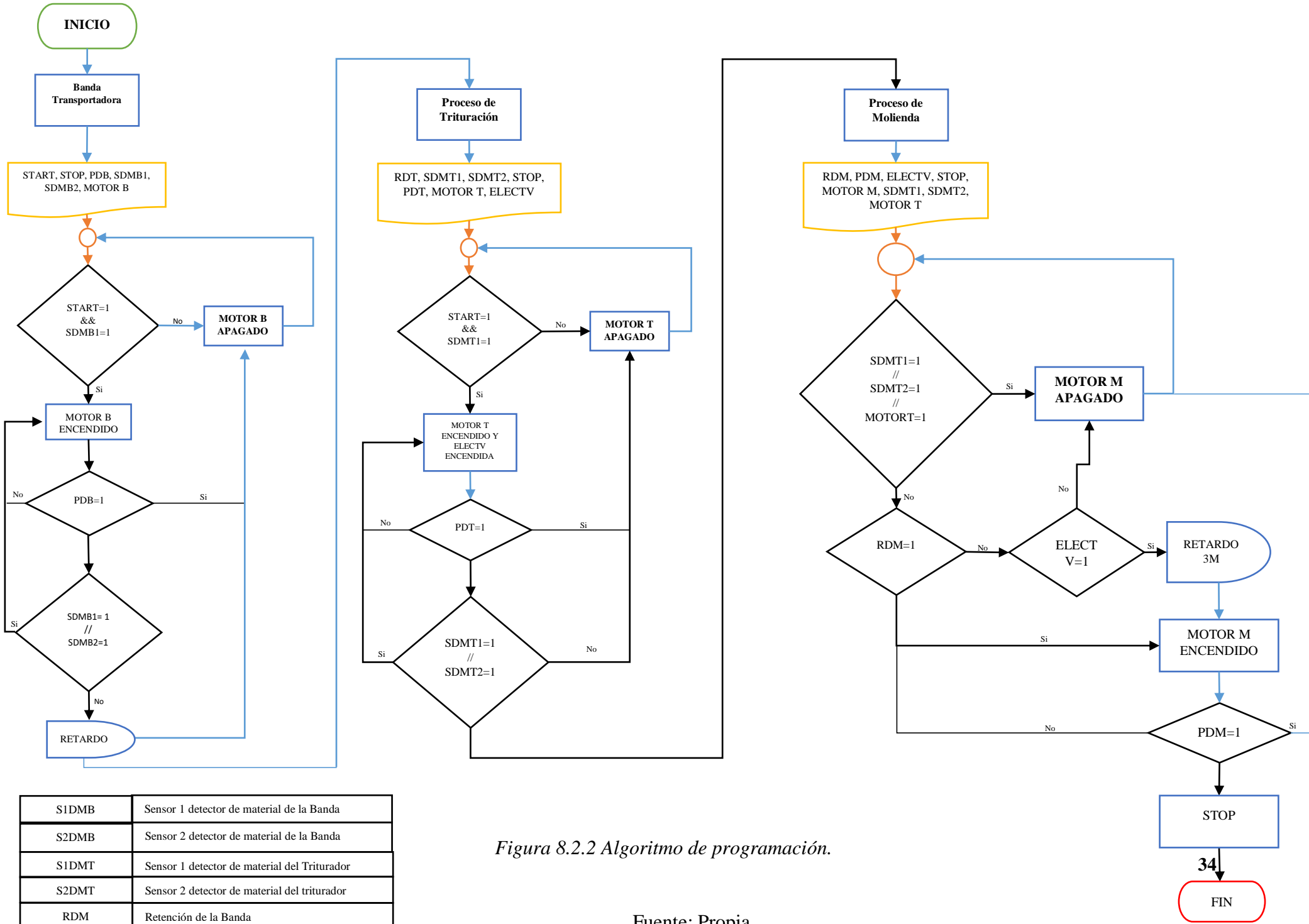
En el algoritmo de programación se refleja el funcionamiento completo del sistema que se propone, básicamente consiste en lo que es la programación, no importa en el lenguaje que sea, ya que representa la lógica a seguir para decidir si se ejecuta o no una determinada acción.

El algoritmo de Programación que se muestra a continuación funciona de la siguiente manera:

A como se sabe todo proceso tiene un inicio y un final, por lo tanto, lo primero son los pulsadores de inicio y de paro, si se quiere comenzar el proceso se decide presionar el pulsador de inicio para que comience el primer proceso que es el de la banda Transportadora, para esto se definen sus variables y se plasman las decisiones para que se ejecute o no la acción, si si se cumple se enciende el motor de la Banda y el material es transportado hacia el siguiente proceso; si no, no se realiza el proceso, se retorna a leer de nuevo las variables, las variables de este proceso son los sensores de barrera que detectan o no el material.

Luego tomando en cuenta que si se cumplió la condición comienza el proceso de trituración a la misma vez se acciona la electroválvula para que deje pasar agua; en este proceso se realiza la misma lógica que el anterior ya que también se utilizan sensores de barrera para la detección del material.

Una vez la decisión si se cumple pasa el proceso de molienda lo cual depende del pulso de retardo de la anterior conexión, una vez iniciado el proceso y el resultado de la decisión es positivo se enciende el motor del Molino, para así llegar al resultado deseado que es la separación del oro de los demás minerales que contiene la materia prima, por último, cuando el operario observe que el proceso se realizó correctamente puede decidir en apagar todo el proceso o volver a iniciarlo.



S1DMB	Sensor 1 detector de material de la Banda
S2DMB	Sensor 2 detector de material de la Banda
S1DMT	Sensor 1 detector de material del Triturador
S2DMT	Sensor 2 detector de material del triturador
RDM	Retención de la Banda
RDB	Retención del Triturador
RDT	Retención del Molino

Figura 8.2.2 Algoritmo de programación.

Fuente: Propia

En la siguiente tabla se describen los términos de los acrónimos utilizados en el diagrama de flujo, para así poder entender el significado de cada uno de ellos.

Tabla 1. Acrónimos y abreviaturas.

<b>Acrónimo y abreviatura.</b>	<b>Significado.</b>
START	Inicio del Proceso
STOP	Paro de Emergencia
RDB	Retención de la Banda
RDM	Retención del Molino
RDT	Retención del Triturador
MOTOR B	Motor de la Banda
MOTOR T	Motor del Triturador
MOTOR M	Motor del Molino
SDMB1	Sensor 1 detector de material da la banda.
SDMB2	Sensor 2 detector de material da la banda.
SDMT2	Sensor 1 detector de material del triturador.
SDMT2	Sensor 2 detector de material del triturador.
RETARDO	Tiempo de espera después de una acción.
ELECTV	Electroválvula

### 8.2.3. Diseño eléctrico del sistema Automatizado.

En este apartado se presentan las conexiones eléctricas que se realizan para todo el sistema automatizado de trituración y molienda.

Este diseño está dividido en 4 etapas las cuales son: diagrama de fuerza, diagrama de mando, diagrama de entrada y salidas y la programación.

A continuación, se detallan cada uno de las partes del diseño eléctrico.

#### 8.2.3.1. Diagrama Eléctrico de mando.

En este diagrama se puede observar las conexiones eléctricas del esquema de mando, lo cual está conformado por los sensores detectores de material, los pulsadores de inicio, de paro y las retenciones del triturador y el molino, los contactores, los interruptores y las bobinas accionadoras con sus respectivas luces piloto.

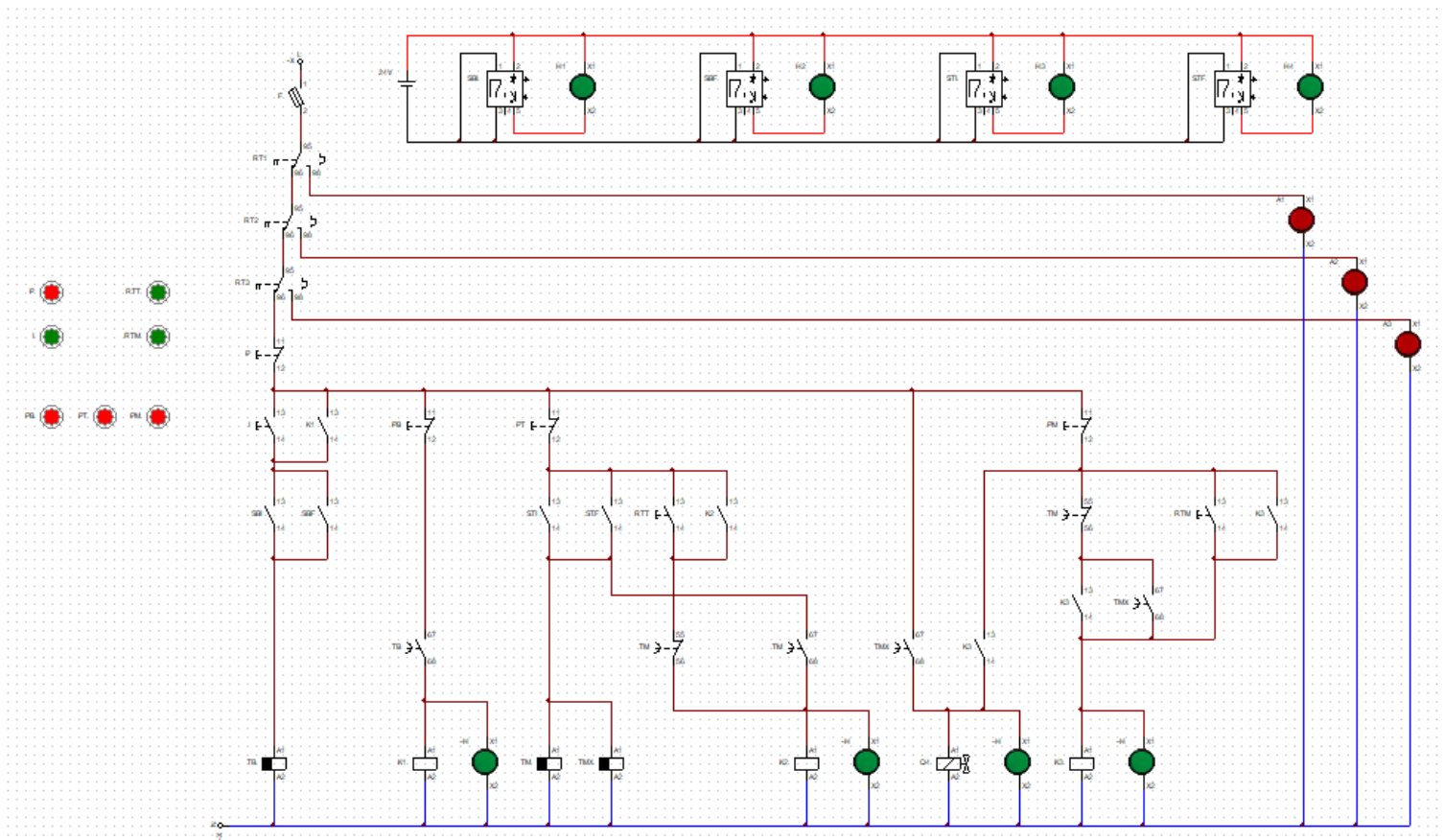


Figura 8.2.3 Diagrama eléctrico de mando.

Fuente: Propia.



### 8.2.3.2. Diagrama eléctrico de fuerza.

En la siguiente figura 8.2.4 se muestra el diagrama electrónico de fuerza para el proceso de extracción de oro, este diagrama consta de tres motores y una electroválvula, las cuales se accionarán conforme la información de entrada que envíen los sensores y pulsadores al LOGO para activar las salidas que están conectadas a cada uno de estos.

Este diagrama está compuesto por las líneas de alimentación, los fusibles, disyuntores, contactores, relés térmicos y los motores que se accionaran acorde al diagrama de mando.

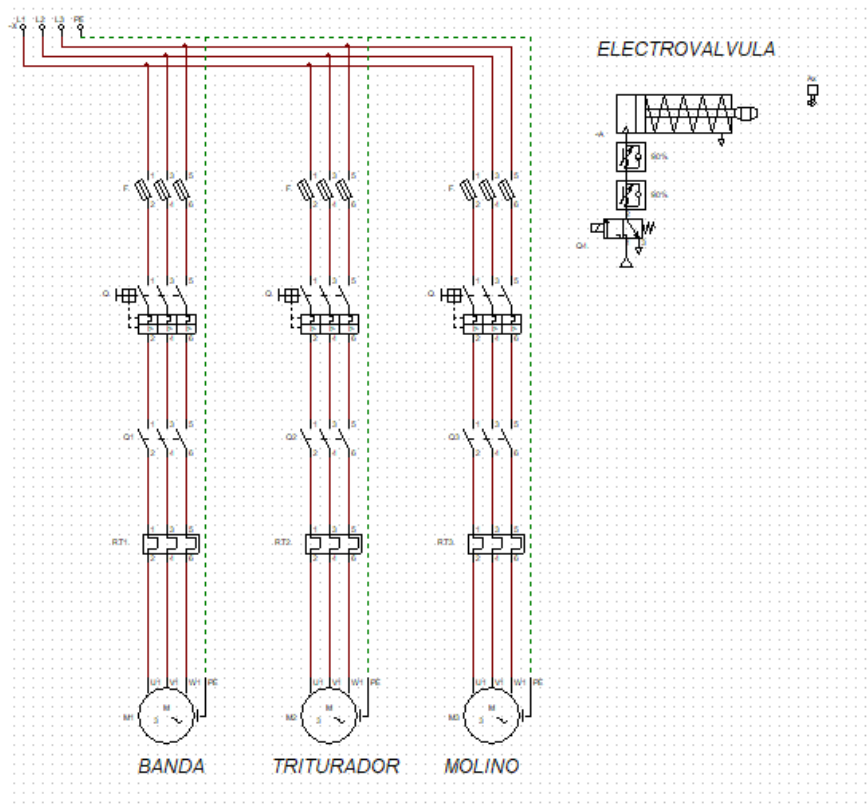


Figura 8.2.4 Diagrama electrónico de fuerza.

Fuente: Propia.

### 8.2.3.3. Conexiones de entrada y salida al LOGO.

En la figura se muestra el diagrama de las conexiones de entrada y salida hacia el LOGO del sistema automatizado para el proceso de extracción de oro, en este diagrama se puede apreciar como entrada hacia el LOGO y hacia el módulo expansor los sensores y los pulsadores, y como salida están las bobinas que activaran los motores y la electroválvula. Estas se pueden observar detalladamente en las tablas de entradas y salidas que se muestran en la misma figura.

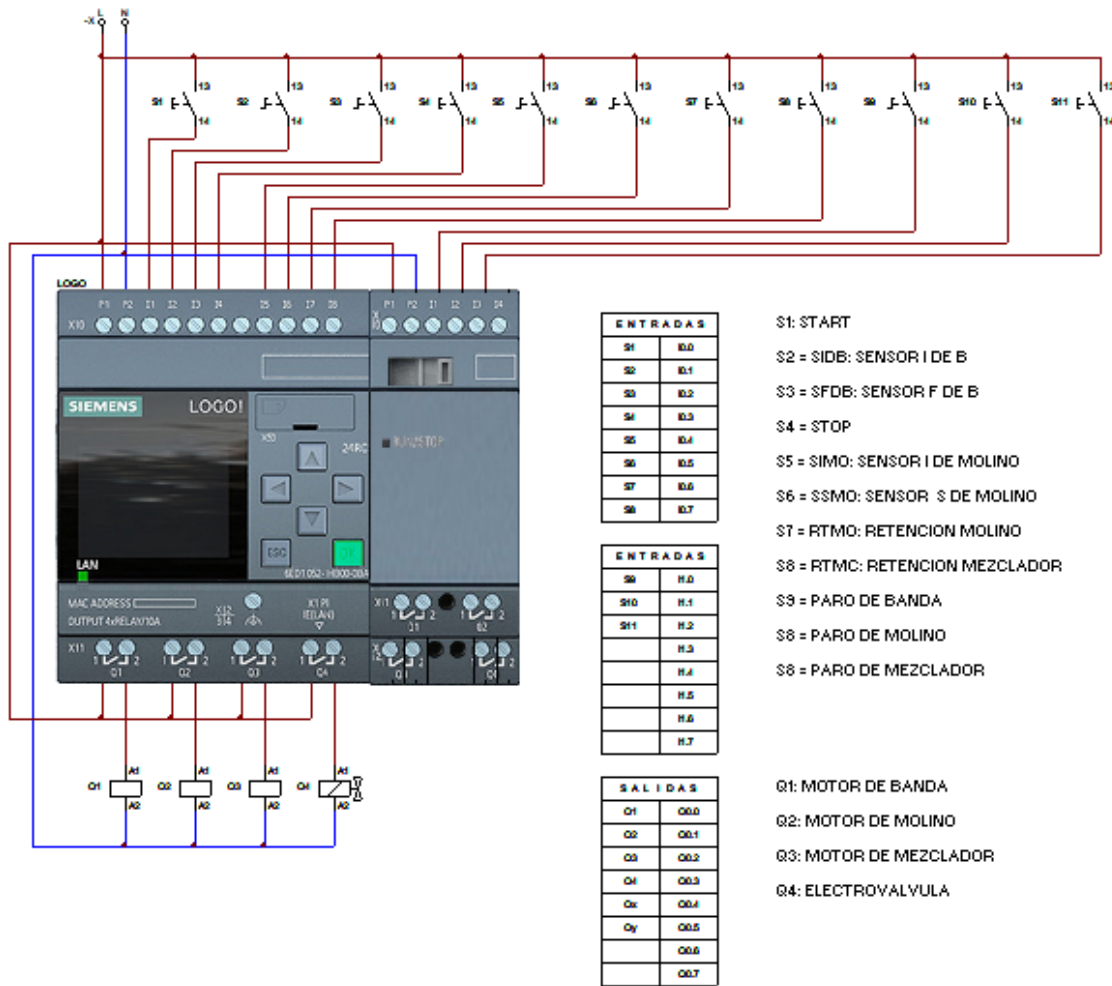


Figura 8.2.5 conexiones de entrada y salida al LOGO.

Fuente: Propia.

#### 8.2.3.4. Programación del sistema automatizado.

También se muestra la programación con compuertas lógicas, que es la que le indica al controlador lógico que hacer y que no hacer, en otras palabras, hace la función de nuestro diagrama de mando.

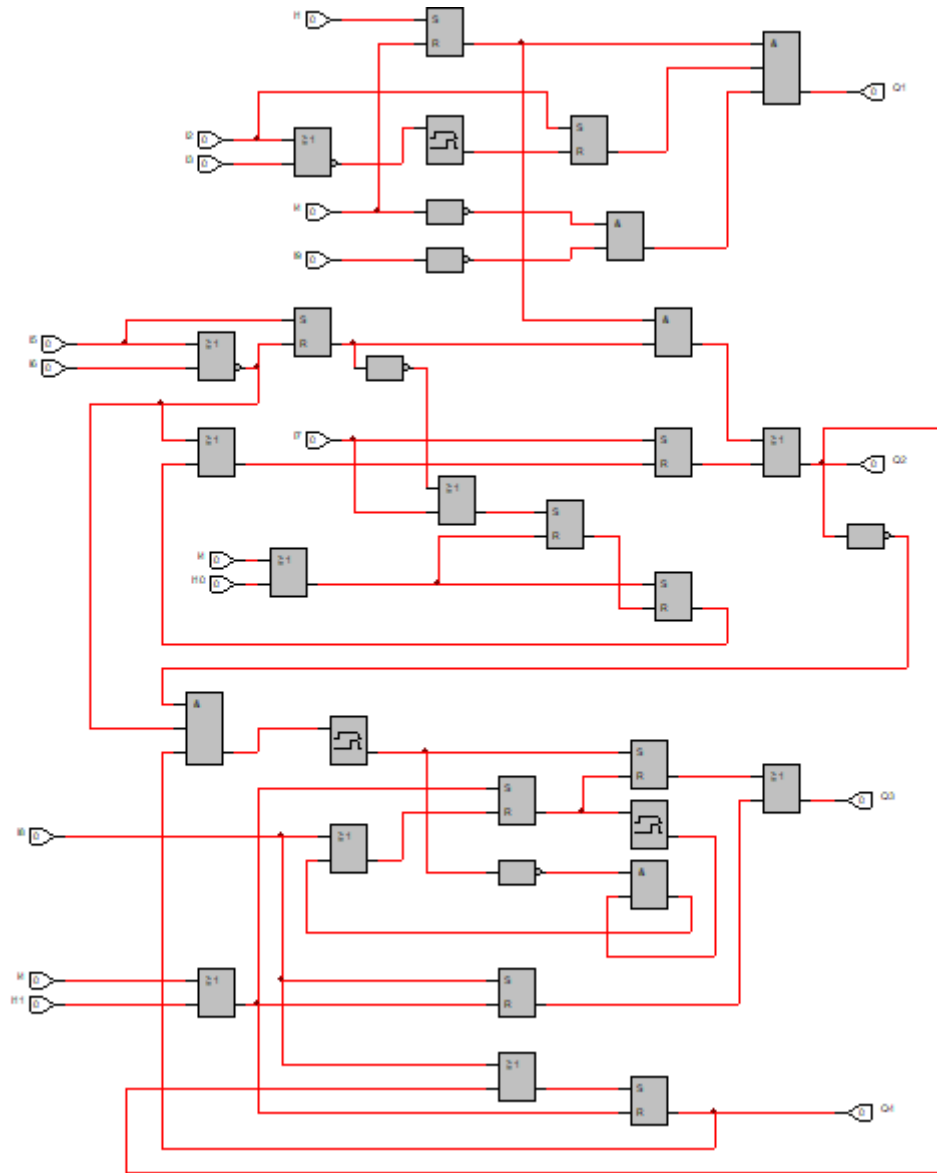


Figura 8.2.6 Programación para el sistema automatizado en cadesimu.

Fuente: Propia.

Por último, se presenta el diseño final del diagrama eléctrico del sistema automatizado de separación y molienda para la extracción de ORO utilizando PLC LOGO V8, este diagrama permite ver las conexiones eléctricas que se realizan con cada uno de los elementos que se utilizan en todo el sistema.

## Diagrama Eléctrico del sistema Automatizado.

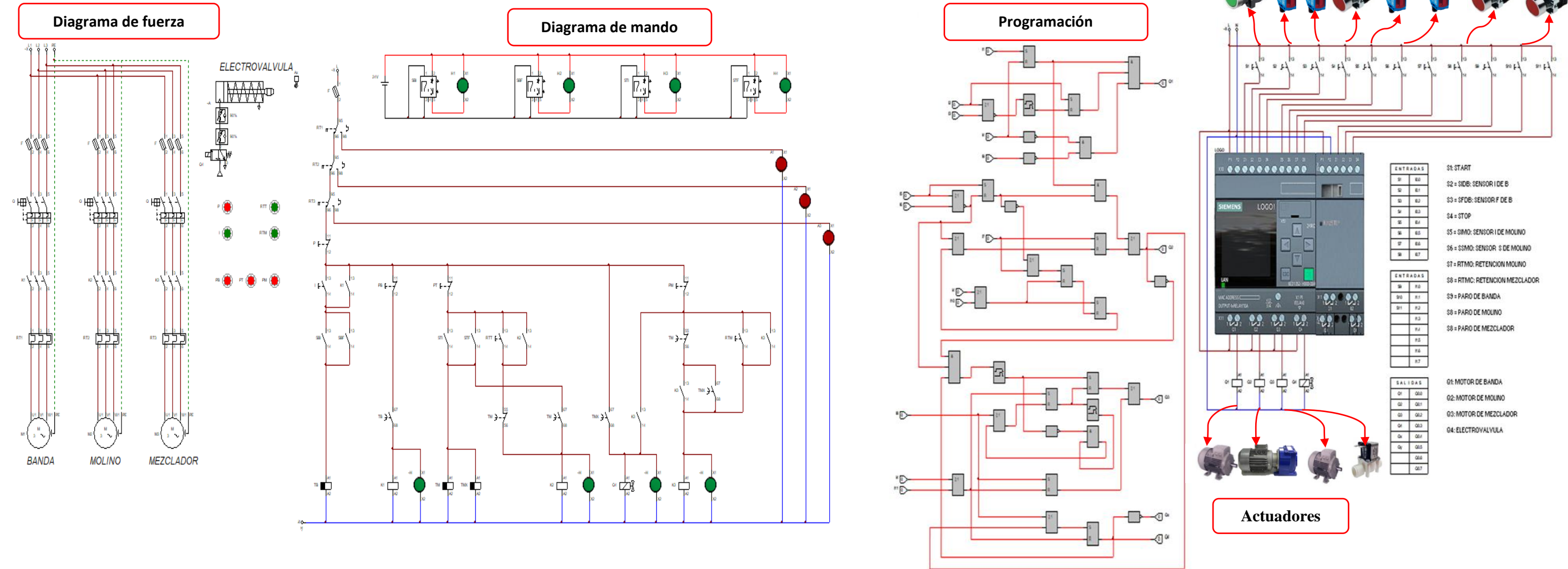


Figura 8.2.7 Diagrama Electrónico del sistema. Fuente: Propia.

	Fecha	Nombre	Firma	Entidad	Título	Fecha	Núm.
A	14/12/21	Ramírez		UNAN MANAGUA	SISTEMA ATOMATIZADO ORO.	14-Dic-2021	1 de 1
B		Vasquez				Archivo:	CADa_S1
C				D	E	F	G
H							

#### **8.2.4. Etapas del sistema de control para el proceso de extracción de oro utilizando PLC.**

Las etapas de un sistema de control para el proceso de extracción de ORO con LOGO se describen en 4 etapas, la primera es la etapa de alimentación y pulsadores de inicio o de paro, la segunda es la del movimiento de banda transportadora, la tercera el proceso de Trituración, y la ultima la del proceso de molienda.

A continuación, se aborda cada una de esas etapas, para lograr comprender más a detalle sobre el sistema de control Automático.

##### **8.2.4.1. Etapa 1. Alimentación y pulsadores de inicio o de paro.**

En la etapa número 1 se aborda sobre la alimentación tanto al LOGO como a los componentes, además están los pulsadores de inicio o de paro (ON, OFF). Se podría decir que esta etapa es también la seguridad del dispositivo, debido a que contiene lo que es un paro de emergencia para el proceso de Trituración, uno para el proceso de Molienda y un paro general por cualquier problema que se presente durante la ejecución de cada uno de estos procesos.

Los pulsadores de inicio y los de emergencia ocupan cada uno un puerto en el LOGO y estos están programados como entrada de información, estos serán los componentes principales ya que uno activara el inicio del proceso y los otros son quienes podrán detener la función.



*Figura 8.2.8 Pulsadores de inicio y de paro.*

Además, en esta etapa se encuentra la alimentación del sistema tomando en cuenta los parámetros del LOGO V8 que vamos a utilizar el cual es ejecutable con un voltaje de 110V corriente alterna, sus características se pueden visualizar en la tabla de especificaciones de los componentes.

#### 8.2.4.2. *Etapa 2. Movimiento de banda transportadora.*

La etapa de movimiento de banda transportadora consiste de múltiples elementos como son; alimentación, LOGO, sensores, motor y la banda transportadora.

Para el funcionamiento de la banda transportadora se comienza programando lo que es el LOGO, indicándole como entrada los sensores de barrera se encargan de detectar el material y como salida el motor. En este proceso están instalados dos sensores, uno al inicio y el otro al final de la banda con el objetivo detectar material en cualquier área de ella, y que el motor de la banda permanezca activado y logre transportar el material hacia el siguiente proceso.

##### **Motor de la banda transportadora.**

Este motor funcionará con la información que envíen los sensores de barrera al PLC, por lo que está conectado en una de sus salidas y servirá para que la banda transportadora mueva el material de un extremo a otro y así lleguen al proceso de trituración, este motor cuenta con la suficiente fuerza para mover el material agregado a la banda. Ver sus especificaciones técnicas en la tabla número 2.



*Figura 8.2.9. Motor para la banda transportadora.*

Fuente: (Motovario, 2021)

## **Cálculos para determinar el motor con la potencia requerida para la banda transportadora.**

Para la elección y ejecución de los cálculos de potencia del motor para la banda transportadora están ligados a muchos factores, como el tamaño del transportador, la velocidad de transmisión, la pendiente, el tiempo de funcionamiento, el entorno de trabajo y otros factores externos.

Para determinar la potencia eléctrica que se necesita para desplazar la carga que transportara la banda primeramente es necesario saber el peso del material que será agregado.

Teniendo en cuenta que el material será agregado desde los sacos, se estima que cada saco pesa alrededor de 70 libras por lo que serían 32 kilogramos por sacos, y en total se le agregan 6 sacos a la banda teniendo un peso total de 192 Kg.

Para encontrar la potencia requerida por el motor se utiliza la siguiente fórmula.

$$PN = \frac{F * V}{1000 * n}$$

### **Donde:**

PN = Potencia Nominal del Motor en [KW]

F = Fuerza en [N]

v = Velocidad de avance en [m/seg]

n = Rendimiento Mecánico.

El rendimiento mecánico se refiere a que tan eficiente es la transmisión de la potencia mecánica a través del mecanismo de transmisión. Para esta aplicación tomaremos como 0.9 la eficiencia ya que se trata de un acoplamiento directo a la flecha del motor por lo que se considera altamente eficiente.

La fuerza está dada por la siguiente ecuación.

$$F = m * g$$

**Donde:**

**m**= Masa en [Kg] =192 Kg

**g**= aceleración  $g=9.81\text{m/seg}^2$

**V**= Velocidad  $V = 0.1333\text{m/seg.}$

**n**= Rendimiento mecánico  $n = 0.9$

Sustituyendo los valores en la ecuación, tenemos:

$$F = 192\text{Kg} * 9.81 \text{ m/s}$$

$$F = 1800.82\text{N}$$

$$P_N = \frac{1800.82\text{N} * 0.1333 \text{ m/s}}{1000 * 0.9}$$

$$P_N = 0.26672\text{Kw}$$

La potencia requerida para el motor es de 266.72 W

Por lo tanto, para determinarlo en Hp se utiliza la siguiente formula:

$$hp = \frac{P_N}{746}$$

Donde:

**PN**= Potencia Nominal del Motor en [watts].

746 W equivalen a 1Hp

$$hp = \frac{266.72 \text{ W}}{746\text{W}} = 0.3575hp$$

A partir de estos cálculos tenemos la certeza de poner el motor adecuado a la banda transportadora, lo cual es de 0.3575 hp de potencia, pero teniendo en cuenta que en algunos momentos se agregara más material que el que se tomó en cuenta para la realización de estos cálculos, la ponencia del motor que será instalado para la para la movilización del material será uno de **1 HP**.



### Características de la banda transportadora.

Para describir las características de la banda transportadora primeramente se dan a conocer las dimensiones que esta posee, esta banda tiene 1 metro de altura es decir desde el suelo hasta la mesa de trabajo, y con respecto a lo largo que es lo referente al espacio que se moverá el material de un lugar a otro cuenta con una distancia de 5 metros y el ancho es de 1 metro.

La mesa de trabajo esta diseñada de una manera ondulada con el propósito de que el material no se desborde hacia los lados, teniendo en cuenta que el material agregado serán piedras y por su naturaleza tienden a resbalarse. La altura de 1 metro es porque es un aproximado a la cintura de una persona, esa es la posición de fuerza de carga y descarga de una persona por ese motivo se escogió esa opción pensando que los trabajadores descarguen los sacos que vienen transportando desde las minas, y también porque esa misma altura se encuentra la tolva de entrada del triturador de martillos donde el ingresara el material que es transportado por la banda.

La distancia de la banda es porque a esa distancia se encuentra el almacenamiento de los sacos hasta donde está la rastra mezcladora, y la anchura es por lo estimado al área que cubre la cantidad de material almacenada en un saco.

En la siguiente figura realizada en SketchUp se pueden observar las características antes mencionadas.

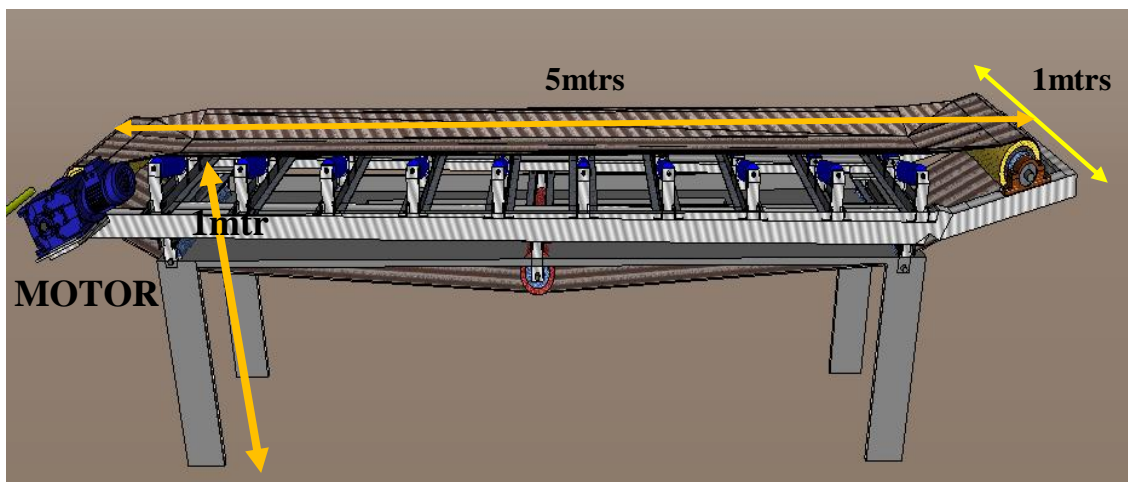


Figura 8.2.10 Características de la banda transportadora.

Fuente: Propia.

### 8.2.4.3. *Funcionamiento de la banda transportadora.*

Para el funcionamiento de la banda se hace uso de dos sensores de barrera que son los encargados de enviar la información al LOGO para que se active o desactive el motor.

#### **Funcionamiento del sensor de barrera.**

El funcionamiento de un detector infrarrojo se basa en que los rayos infrarrojos pasan al interior del fototransistor donde se encuentra un material piroeléctrico, que es el que reacciona a la presencia de los rayos infrarrojos. Por lo general, estos dispositivos están integrados en configuraciones de diverso tipo.

- Distribución espectral:

Se trata de una representación visual del espectro de luz producida por la fuente que emite la luz misma.

- Sensores pasivos:

Se trata de un dispositivo que está formado solo por el fototransistor y que mide las radiaciones que proceden de los diversos objetos.

- Sensores activos:

Este tipo de sensor está basado en la combinación de un emisor y un receptor situados próximos entre sí. El emisor es un diodo de LED infrarrojo, mientras que el receptor es el fototransistor.

A continuación, en la figura muestra los sensores infrarrojos de barrera. Retro-reflectivo y reflectivo, siendo uno del más utilizado el de barrera. (Infaimon, 2018)

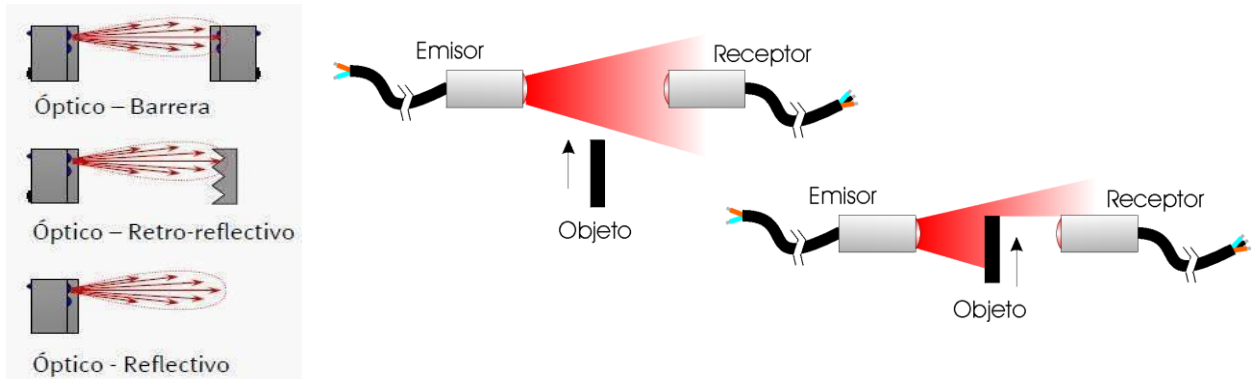


Figura 8.2.11. Funcionamiento del sensor de barrera.

(Contaval, 2016)

Al hacer uso de este tipo de sensor para el funcionamiento automático de la banda se posicionan 2 sensores de manera estratégica, uno al inicio y uno al final de la banda con el propósito de detectar material sobre cualquier área de ella. Conforme a la programación en el LOGO el primer sensor al ser interrumpido que queda enclavado el pulso eléctrico para que la banda comience a moverse, posteriormente cuando el material llegue al segundo sensor este enviará un pulso eléctrico que mantendrá encendido el motor de la banda, pero cuando este deje de detectar material quedará accionado por un corto tiempo de 1 minuto con el propósito de que el material termine de ingresar al triturador.

Por último se presenta el *diagrama en bloque del proceso de la banda transportadora*.

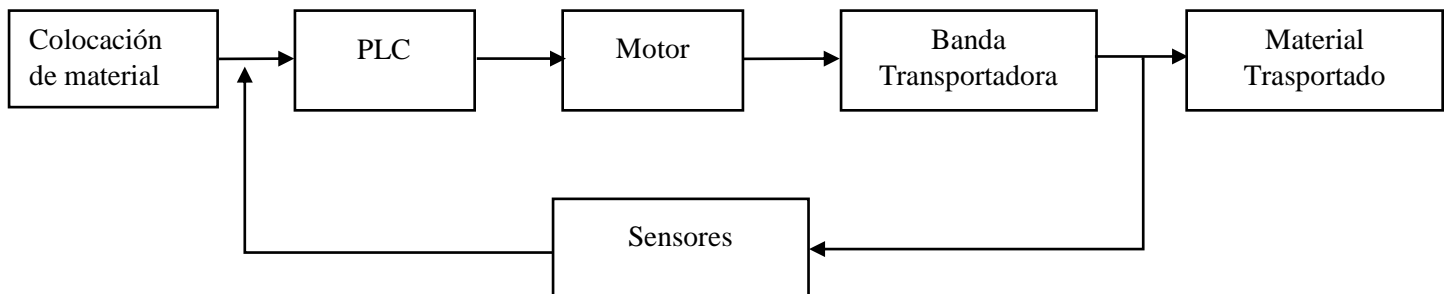


Figura 8.2.12 Diagrama en bloque del proceso de banda transportadora.

Fuente: Propia.

#### **8.2.4.4. Etapa 3. Proceso de trituración del material.**

Para la etapa de trituración del material se implementa una trituradora de martillo para que muele las piedras que contienen diferentes tipos de minerales, en este caso el ORO es el más importante; esta trituradora de martillo se usa con el fin de reducir el tamaño de las piedras.

El proceso de trituración maneja un principio de funcionamiento fácil de entender. Este inicia en la parte superior de la tolva de alimentación, ingresando por ahí la materia prima a triturar; por acción de la gravedad ésta cae al interior de la cámara de desintegración.

En esta cámara, el eje principal está girando a gran velocidad y por acción de la fuerza centrífuga, los martillos se posicionan perpendicularmente en posición de trabajo, golpeando el producto que ha caído al interior. Luego el material impacta contra las paredes de la cámara de trituración y nuevamente es impactado por los martillos; este proceso se da de manera sucesiva hasta que el producto alcance un tamaño de manera tal que pueda pasar por las perforaciones de la criba.

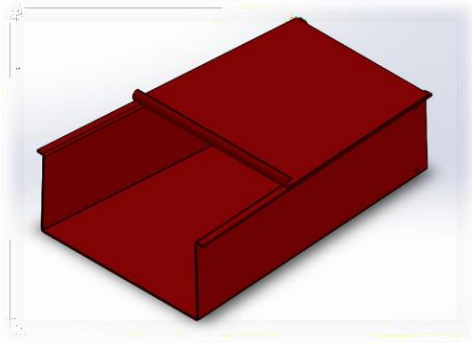
Dentro de la cámara, también se genera corriente de aire, por la misma fuerza centrífuga, la cual ayuda al material ya triturado salir con cierta fuerza por la cámara de descarga.

A continuación, se describen las partes de la trituradora y el funcionamiento de cada una de ellas.

##### **1. Tolva de alimentación.**

La tolva tiene un diseño rectangular, donde la parte frontal presenta un mayor tamaño en referencia a la parte posterior, que es por donde pasa la materia prima hacia la cámara de trituración. En la figura 8.2.14 se puede observar el modelado de la tolva presente en la máquina real. La pieza está elaborada a partir de laminada acerada de 3.2 mm de espesor, la cual, además está esmaltada con anticorrosivo y esmalte para prevenir su oxidación y corrosión.

La instalación de la tolva de alimentación se hace directamente con el bastidor superior del sistema de trituración, y su principal característica es la inclinación, la cual debe ser adecuada para que el material a triturar deslice hacia el proceso sin problema y a una rapidez media.



*Figura 8.2.13. Tolva de alimentación.*

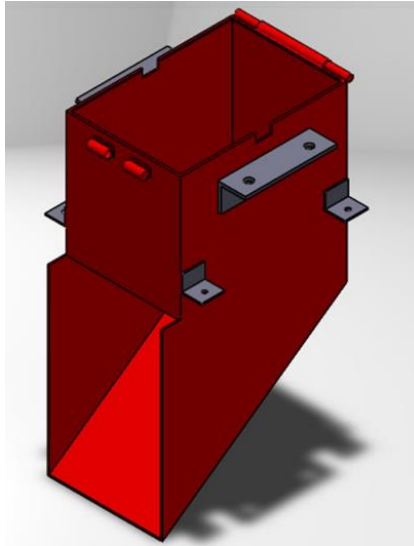
Fuente: (PALLES, Google, 2015)

## **2. Tolva de descarga y bastidor.**

La figura muestra la tolva de descarga y la parte inferior del bastidor, las cuales el fabricante las diseñó como un solo componente. Esta pieza está construida con platina de acero, con un espesor de 4.8 mm, siendo un material más espeso que el anterior, debido a que, como se muestra en la ilustración, lleva unos perfiles base, que van soldados.

Los perfiles pequeños de la parte inferior, por medio de tornillos sirven como sujeción de la pieza a la estructura general que soporta todo el sistema de trituración y los perfiles superiores tienen la función de alojar el sistema de trituración, la criba y las chumaceras principalmente.

La sección que forma la parte de la tolva de descarga (parte inferior), presenta una inclinación, siendo de ayuda para el fácil deslizamiento del material ya triturado; aunque, gracias a la fuerza centrífuga generada por la rotación de los martillos, se genera una corriente de aire que también le ayuda al material a ser expulsado sin dificultad. La pieza en general también está recubierta por anticorrosivo y esmalte.

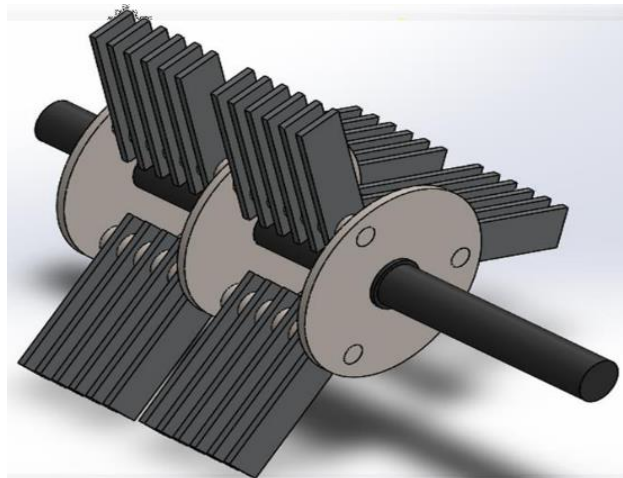


*Figura 8.2.14. Tolva de descargue.*

Fuente: (PALLES, Google, 2015)

### **3. Sistema de trituración.**

El sistema de trituración hace referencia al ensamble de varios componentes (eje principal, ejes secundarios, discos de soporte, martillos y separadores), que, junto a la fuerza centrífuga generada por su rotación, llevan a cabo el proceso de desintegración de algún tipo de material. En la figura 8.2.16 se puede observar el ensamble del sistema de trituración de la trituradora de piedras.

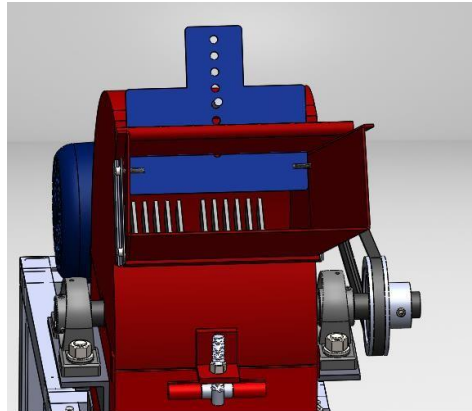


*Figura 8.2.15. Sistema de trituración.*

Fuente: (PALLES, Google, 2015)

#### 4. Regulación.

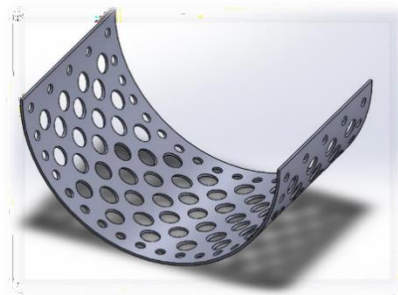
Para el material de ingreso, justo en la parte superior de la tolva de alimentación tiene una cavidad donde se puede incrustar una placa de hierro, la cual ayuda a variar el área de cavidad por donde la materia prima ingresa a la cámara de trituración. Dicha lámina, presenta diferentes perforaciones, en forma de línea vertical, que son de ayuda para poder sostenerse.



*Figura 8.2.16. Control del área de alimentación de la tolva.*

Fuente: (PALLES, Google, 2015)

La regulación para el material que debe ser expulsado por la tolva de descarga es llevada a cabo por una criba de hierro de 3.2 mm de grosor y perforaciones de 24 mm y 12 mm (ver figura 8.2.18), la cual es instalada justo bajo los martillos. Ésta permite que el material, luego de recibir el impacto y ser procesado, pueda ser filtrado por las perforaciones; el material que no logra expulsarse continua en el cámara de trituración, donde sigue siendo impactado y reducido en tamaño hasta lograr sobrepasar.



*Figura 8.2.17. Criba de hierro.*

Fuente: (PALLES, Google, 2015)

## 5. Motor del Triturador.

La trituradora de martillos es accionada por medio de un Motor Monofásico Semiabierto de la serie 1RF3 (098-2YD90), ejecución B3 de 2 polos, marca Siemens. El cual está diseñado con un alto par de arranque y baja corriente de arranque, para aplicaciones que requieran arranques con carga; distinguiéndose por tener eje con chevetero y cuña para la colocación de poleas o embragues, velocidad de 3600 y 1800 rpm., montaje horizontal o vertical a través de una base con perforaciones.



*Figura 8.2.18. Motor Monofásico del Triturador.*

(Anonymus, 2018)

El motor cuenta con tensión nominal conmutable 115/230 V, permitiéndole soportar adecuadamente las variaciones de voltaje en la red.

Cuenta además con protección térmica automática incorporada, desconectando el motor de la red en caso de sobre temperatura originada por sobrecarga o bloqueo y reconecta el motor una vez se ha enfriado. Cuenta con protección IP23, que protege el motor contra la penetración de cuerpos sólidos con diámetro mayor de 12 mm. y contra goteo de agua (drip-droof) con una inclinación cualquiera de hasta 60° respecto a la vertical.

Todas las características mencionadas anteriormente y, además, las expuestas en la TABLA 2, junto a la estructura mecánica, hacen proporcionar grandes ventajas para la automatización y buen funcionamiento de la trituradora de martillos.

Sus especificaciones se presentan en la tabla 2.



Tabla 2. Especificaciones técnicas motor 1rf3 098-2.

Potencia	3,0 HP
Factor de servicio	1,15
Voltaje	115/230 V
Corriente nominal	33,8/16,9 A
Eficiencia	76,3%
Factor de potencia $\text{Cos}\phi$	0,83
Torque nominal	6,3 Nm
Torque de arranque	15 Nm
Corriente de arranque	4,8 A
Condensador de arranque	540-648 $\mu\text{F}$
Condensador de marcha	40 $\mu\text{F}$
Revoluciones por minuto	1800 – 3600 rpm

(PALLES, Google, 2015)



**Especificaciones del triturador de martillos.**

Piedra más grande = 10 cm

Tamaño de salida: 2 cm

Producción: 3Tonelada/Dia.

- ① Tolva de entrada
- ② Tolva de descarga y bastidor
- ③ Sistema de trituración
- ④ Regulación
- ⑤ Motor del triturador

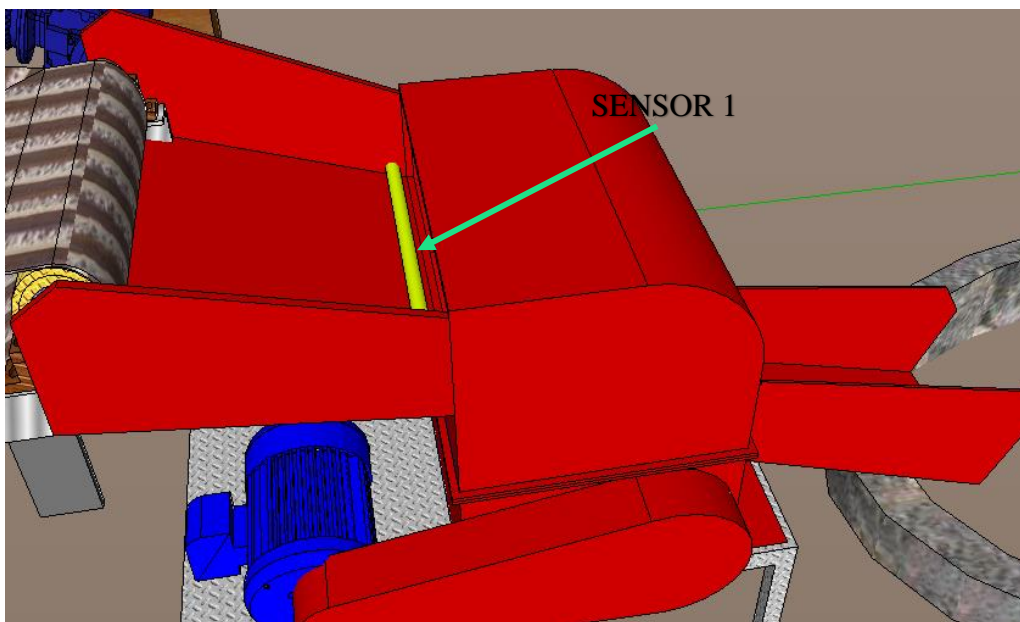
Figura 8.2.19. Figura. Diseño de una trituradora de martillo.

Fuente: (PALLES, Google, 2015)

#### 8.2.4.5. *Funcionamiento del Triturador de Martillos.*

Para el funcionamiento del triturador de martillos se utilizan dos sensores laser iluminando dos fotoceldas, estos hacen la funcion de un señor de barrera. El primer sensor se encuentra ubicado en la tolva de entrada y es el encargado de encender el motor una vez el material haya interrumpido el láser y el LOGO reciba el pulso eléctrico para la activación del motor, el segundo sensor está ubicado en la tolva de salida y su funcionamiento será similar al primero ya que cuando sea interrumpido enviara el mismo pulso que mantendrá activado el motor, pero este con la diferencia de que será el que desactive el motor una vez deje de ser interrumpido lo que significa que el material dejo de salir del triturador.

En la siguiente imagen se puede apreciar la ubicación del primer sensor instalado en la tolva de entrada, el funcionamiento de este sensor sigue el principio básico de funcionamiento que está plasmado anteriormente en el funcionamiento de la banda transportadora.

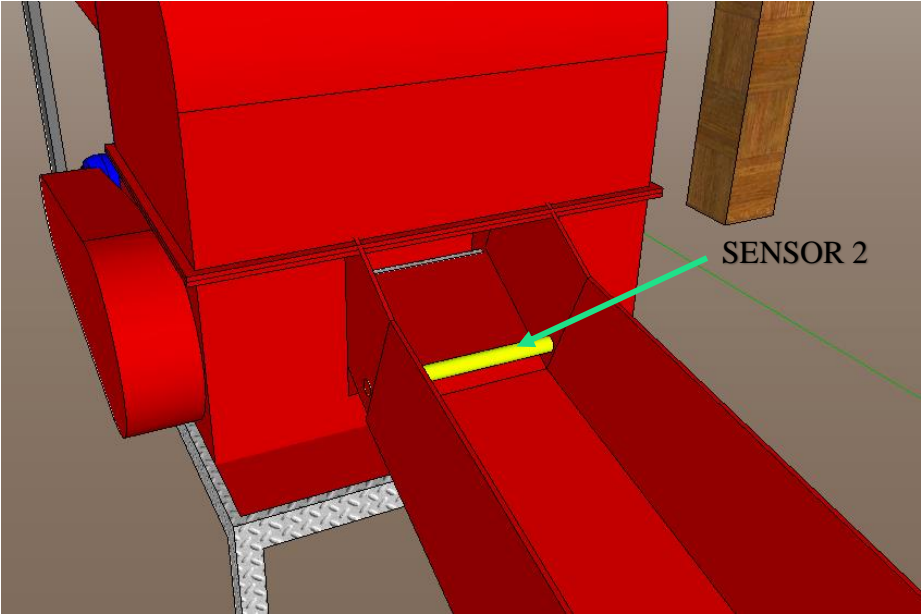


*Figura 8.2.20 Ubicación del primer sensor del Triturador.*

Fuente: Propia.

En la siguiente figura 8.2.21 se puede apreciar la ubicación del segundo sensor de barrera para el funcionamiento correcto del triturador de martillos.

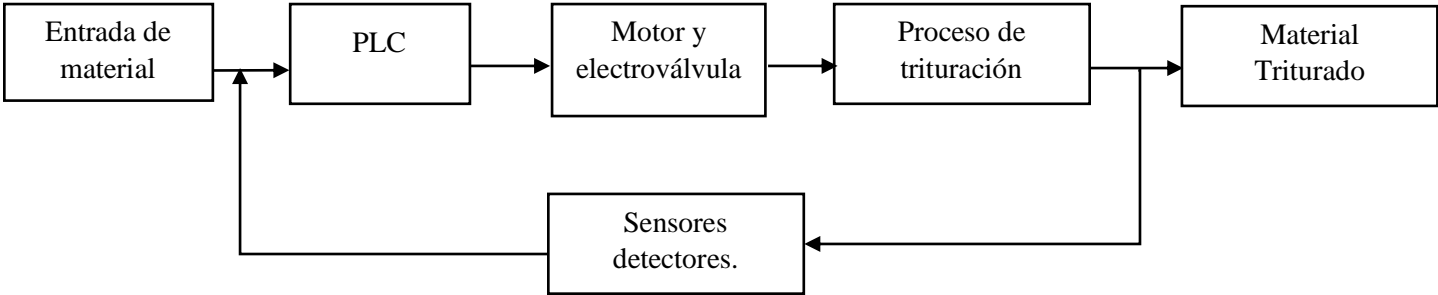
Siendo de esta manera la instalación de los sensores el triturador podrá funcionar de manera automática debido a la información que estos envíen al LOGO V8 y que él se encargue de controlarlo según la información que sea enviada.



*Figura 8.2.21 Posición del segundo sensor del Triturador.*

**Fuente: Propia.**

*Diagrama en bloques correspondiente al triturador de martillos.*

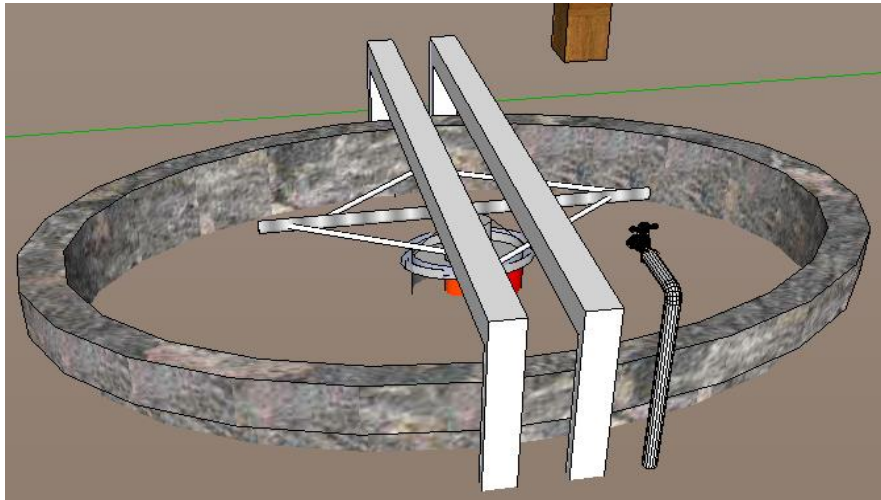


*Figura 8.2.22 Diagrama bloques del triturador de martillos.*

**Fuente: Propia.**

#### 8.2.4.6. *Etapa 4. Proceso de molienda.*

El proceso de molienda se realizará de la misma manera de como realiza actualmente con la diferencia de que el motor del molino será controlado por el PLC y en el caso de la llave de agua que se encuentra trabajando hasta el día de hoy y que abastece la rastra mezcladora será reemplazada por una electroválvula (ver sus especificaciones técnicas en la tabla de los componentes) y que de igual manera sea controlada por el LOGO, siendo de esta manera lograremos nuestro sistema de control automático para todos los procesos que conllevan a la extracción del ORO.

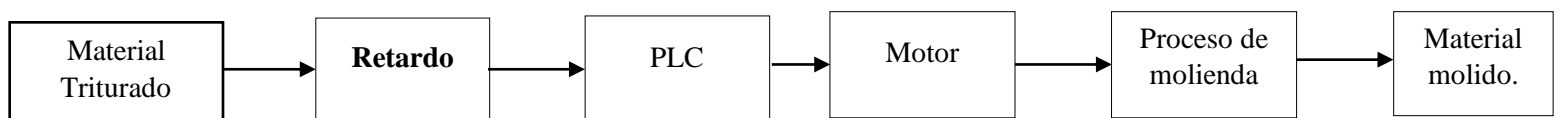


Especificaciones del sistema de molienda.

Tiempo de trabajo: 18 h/d

Producción: 1Tonelada/Dia

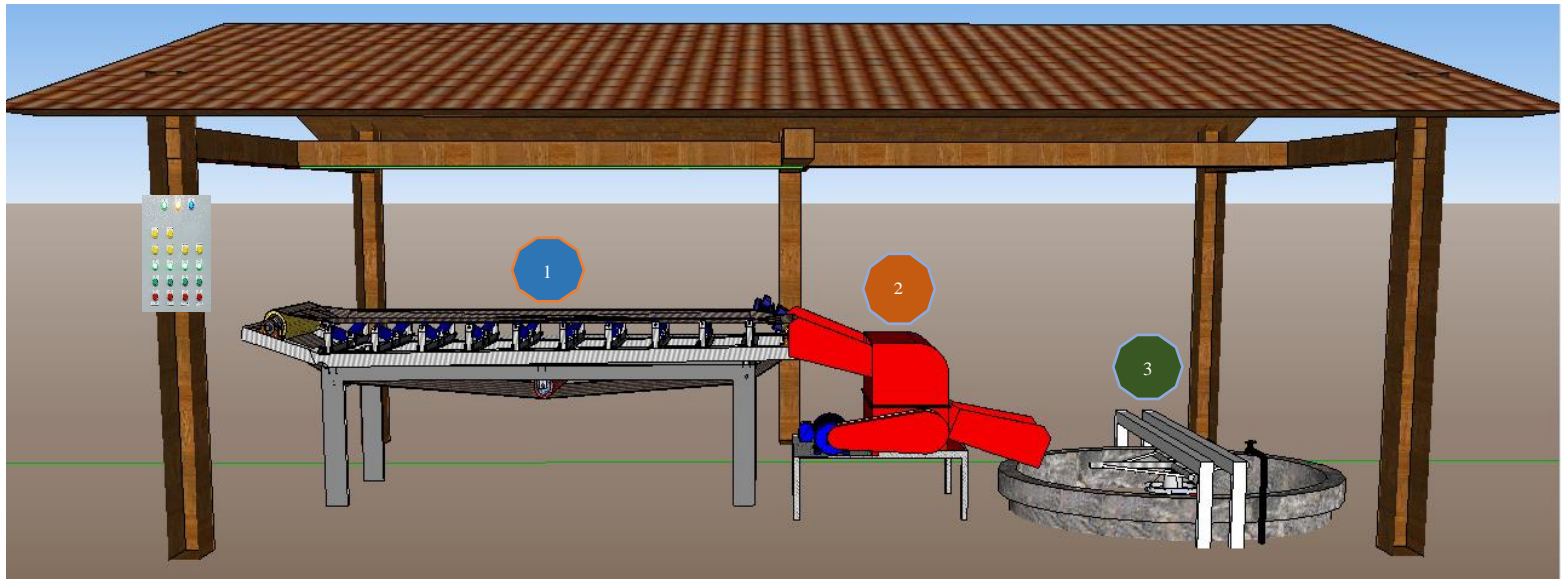
#### *Diagrama de bloque del proceso de molienda*



*Figura 2.2.23 Diagrama de bloque del proceso de molienda.*

Fuente: Propia.

**Diseño estructural final del sistema automatizado de trituración y molienda para la extracción de oro en Mina La Esperanza.**



*Figura 8.2.23 Diseño estructural del sistema automatizado.*

Fuente: Propia.





-  Proceso de Banda Transportadora
-  Proceso de Trituración
-  Proceso de Molienda

Tabla 2. Elementos utilizados para el diseño del sistema automatizado.

Elemento	Nombre	CARACTERISTICA Y ESPECIFICACIONES TECNICAS
	<p><b>¡Siemens LOGO! Serie 8</b></p>	<p>Voltaje de actuación: 12/24V Corriente de salida: 10A Entradas: 8 Salidas: 4 Temperatura de trabajo Max: +55° C Tipo de entrada: Digital</p>
	<p><b>Fotocélulas MultiTask Réflex Array Tipo: RAY26P-24162930A00</b></p>	<p>Tensión de alimentación: 10 V DC ... 30 V DC Consumo de corriente: 25 mA Salida conmutada En contrafase: PNP/NPN Corriente de salida Imáx: ≤ 100 mA Tiempo de respuesta: ≤ 3 ms Operación a temperatura ambiente -40 °C ... +60 Grado de protección: IP66 IP67</p>
	<p><b>¡Ampliación Siemens LOGO! DM8</b></p>	<p>Voltaje alimentación: 24V DC. Salidas: 24V DC/Transistor. 4ED (Entradas digitales). 4SD (Salidas digitales) para LOGO! 8.</p>

	<p><b>Electrovalvula 1/2" Solenoide.</b></p>	<p>Voltaje de actuación: 110 volts AC Corriente: 0.6 A Tiempo de respuesta (abrir): 0.15 sec Tiempo de respuesta (cerrar): 0.3 sec Presión de trabajo: 0.02 Mpa – 0.8 Mpa Temperatura de trabajo: 1 – 100° C</p>
	<p><b>Panel de control</b></p>	<p>13 luces LED indicadoras. 7 pulsadores.</p>
	<p><b>Pulsador Industrial LAY5-BA45</b></p>	<p>Voltaje máx.: 600 VCA Corriente máx.: 10 A Voltaje nominal de aislamiento: 600 V CA (50 Hz / 60 Hz) temperatura circundante: -25°C~+55°C Resistencia de aislamiento: <math>\geq 50M\Omega</math></p>
	<p><b>MOTOR 1RF3 098-2</b></p>	<p>Está diseñado con un alto par de arranque y baja corriente de arranque, para aplicaciones que requieran arranques con carga velocidad de 3600 y 1800 rpm Potencia: 3,0 HP Voltaje: 115/230 V Corriente nominal 33,8/16,9 A Torque de arranque 15 Nm</p>

 <p>A SICA M32 motor protector, a white plastic device with a red STOP button and a green START button. It features terminal blocks for power supply (1L1, 3L2, 5L3) and motor connections (2T1, 4T2, 6T3). The device is labeled with '6-10A', 'STOP', 'START M32', and 'IEC 947-2, 947-4-1'.</p>	<p><b>Guardamotor</b></p>	<p>Voltaje nominal: 220V  Corriente nominal: 6 A  Tiempo mínimo - Tiempo máximo:  1 m - 24 h  Cantidad máxima de programaciones  de apagado: 12  Cantidad máxima de programaciones  de encendido: 12  M</p>
 <p>A blue and silver industrial motor, model CH/032, with a cylindrical body and a mounting bracket.</p>	<p><b>Motor CH/032</b></p>	<p>Voltaje CA:  208 ~ 230/460 V  Frecuencia:  60Hz  Potencia de salida:  1HP  Fase:  Tres fases  Protección class:  IP55  Revoluciones por minuto:  1720/1750</p>

“Al haber realizado los diseños completos que se presentan anteriormente en este apartado, se ha logrado cumplir nuestro segundo objetivo planteado de la mejor manera ya que este consiste en: *Diseñar un sistema de control automático para el proceso minero que facilite y agilice las actividades de trabajo.*”



### 8.3. Simulación del funcionamiento del sistema controlado por el PLC LOGO V8.

Para el funcionamiento del sistema de control automático se planteó una simulación que dará un auge en el sistema de trabajo de la mina artesanal, esta se realizó en el programa myOpenLab.

El programa está dividido por un panel de circuito y un panel frontal; el panel frontal permite visualizar el funcionamiento de los componentes que estarán funcionando en la labor minera, mientras que en el panel circuito está realizado todo el circuito se hace funcionar la simulación.

La simulación que se presenta pretende demostrar el funcionamiento completo del nuevo diseño propuesto, de esta manera nos permite visualizar los resultados que generara la incorporación de nuevos equipos y una mejor tecnología.

El HMI de este sistema es un panel de control que cuenta con los pulsadores que son los que controlan todo el sistema y de igual manera nos permite visualizar el o los procesos que se están realizando mediante luces led de diferentes colores.



*Figura 8.3.1 Panel de control.*

Fuente: propia.

**Para entender cada simbología a continuación se describe de una manera más detallada las partes que conforman este panel de control.**



El botón STAR da inicio a todo el funcionamiento del sistema y a la vez se enciende el led que indica que esta pulsado.



El botón stop es para detener todo el sistema por completo en caso de emergencia y tiene un led que indica que este pulsador está accionado.



El botón RTDT significa retención del triturador es para iniciar el triturador en caso que se desee limpiarlo y tambien tiene un led que indica cuando la retención esta encendida.



El botón RTDM es para dar inicio nuevamente al molino en caso que este sea detenido antes de tiempo o cuando se desee lavar una vez haya terminado su proceso.



El botón PDT se pulsa cuando se necesita apagar el triturador, ya sea durante todo el proceso o solamente cuando este encendida la RTDT, este cuenta con una LED que indica que esta pulsado.



El botón PDB se pulsa en caso que se quiera detener la banda por cualquier incidente, siendo indicado por un led que esta pulsado.



El botón PDM se pulsa para detener el proceso de molienda una vez el material este en las condiciones que se requieren o bien cuando este activada la retención de molino y así poder desactivarla.



El led de color verde indica el inicio del proceso.



El led de color rojo indica que el proceso está detenido



El led de color rojo indica que el Proceso ha terminado



El led de color amarillo nos indica que el Triturador se encuentra encendido



El led de color rosado nos indica que el Molino se encuentra encendido.



El led de color anaranjado nos indica que la Electroválvula se encuentra encendida.

## **IX. CONCLUSION**

Finalmente, se realizó una descripción de los procesos actuales que se llevan a cabo en la Mina La Esperanza para la extracción de oro, y de esa manera poder diagnosticar las fallas que se presentan en la funcionalidad en sus diferentes procesos.

Seguidamente se realizó el diseño un sistema automatizado para el proceso minero que facilite y agilice las actividades de trabajo basado específicamente en los procesos de trituración y molienda; para esto se crearon diagramas eléctricos de mando, fuerza, conexiones de entrada y salidas al LOGO y también una programación para que controle todo el funcionamiento del sistema.

Posteriormente se realizó un diseño estructural para observar de manera grafica la instalación todo el sistema en dicha mina antes mencionada y de igual manera observar la ubicación de los sensores y elementos eléctricos que conforman el sistema automatizado, según la propuesta, dada la necesidad de este sistema en dicho lugar.

Se realizó una simulación en el software MyOpenLab para demostrar de manera grafica el funcionamiento del diseño del sistema automatizado de trituración y molienda controlado mediante un PLC LOGO V8, obteniendo los resultados satisfactoriamente dado cada uno de los procesos necesarios para este mismo, lo cual es la propuesta ofrecida a los dueños de la mina la Esperanza para mejorar el proceso de extracción de ORO con mayor eficiencia en la optimización de tiempo que ofrece este sistema, y que de esta forma la mina artesanal obtenga un mejor desempeño en su desarrollo.

## X. RECOMENDACIONES

- Es importante que el personal encargado de operar este sistema tenga conocimientos básicos para manipular el proceso de manera correcta y que así tenga una mayor durabilidad en cuanto al tiempo de vida útil.
- Para una mejor lectura de los sensores se recomienda limpiarlos cada vez que se termine el proceso ya que el polvo causado por la tierra dificultara su precisión.
- En dado caso que el dueño de la mina desee llevar un mejor control de cuantas toneladas se procesan y de cuánto deberían de ser sus ingresos, se puede añadir un sistema de monitoreo en tiempo real, tomando en cuenta que se tendrá un presupuesto más elevado.
- Contar una planta de energia eléctrica de respaldo para cuando la energia de la red pública falle y así no detener los procesos que se están realizando.

La planta de respaldo de energia debe de contar con las siguientes características para este sistema automatizado.

Modelo: SUA12000E, Motor: AP192FBD, Tanque de gasolina: 7Gl. /25 L.

- Hacer uso de las Normas y estándares para la automatización.
  - ✓ Norma IEC-61131: Define las especificaciones de los sistemas basados en Controladores Lógicos Programables, tanto en hardware como en software. (Lámbarri, 2015)
  - ✓ Norma Artículo 100: Este artículo tiene como finalidad que todos los equipos y materiales que se utilicen en las instalaciones eléctricas deben tener la indicación del nombre del fabricante o una marca que permita su identificación. (Palacios, 2020)
  - ✓ Norma IEC 61508: Es un estándar internacional para la seguridad funcional de equipos eléctricos, electrónicos y electrónicos programables.
  - ✓ Norma: EN 50598-2: Indicadores de eficiencia energética para accionamientos eléctricos de potencia y arrancadores de motor.

## **XI. BIBLIOGRAFIA**

- AG., S. (09 de 06 de 2014). *Industry Online Support*. Obtenido de <https://support.industry.siemens.com/cs/document/100704163/liberaci%C3%B3n-para-el-suministro-del-logo!-8-y-del-logo!-soft-comfort-v8?dti=0&lc=es-AR>
- Anonymus. (18 de Abril de 2018). *Document. side*. Obtenido de [https://documen.site/download/motores-monofasicos\\_pdf](https://documen.site/download/motores-monofasicos_pdf)
- Blogspot. (22 de 05 de 2017). Obtenido de [https://1.bp.blogspot.com/-YhxiconLOe0/X8Rv9rDb\\_uI/AAAAAAAAAHUw/yTRZUvZqjEgx-M56T\\_jyrkU5vAcMQ8EbgCLcBGAsYHQ/s1007/sensores%2B0.2.png](https://1.bp.blogspot.com/-YhxiconLOe0/X8Rv9rDb_uI/AAAAAAAAAHUw/yTRZUvZqjEgx-M56T_jyrkU5vAcMQ8EbgCLcBGAsYHQ/s1007/sensores%2B0.2.png)
- Brunete, A. (22 de 05 de 2013). *bookdown*. Obtenido de [https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/actuadoreselectricos.html](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/actuadoreselectricos.html)
- Contaval. (14 de Abril de 2016). *Contaval*. Obtenido de <https://www.contaval.es/que-tipos-de-sensores-fotoelectricos-existen/>
- Direct Industry*. (24 de Febrero de 2020). Obtenido de <https://www.directindustry.es/fabricante-industrial/sensor-fotoelectronico-infrarrojo-157788.html>
- Distritec. (15 de 02 de 2021). *Google*. Obtenido de <https://www.distritec.com.ar/que-es-una-electrovalvula-y-para-que-sirve/>
- Ecured. (20 de 06 de 2019). *Ecured*. Obtenido de <https://www.ecured.cu/Automatizaci%C3%B3n>
- EEYMUC. (18 de 08 de 2016). *ivoox*. Obtenido de [https://www.ivoox.com/7-estructura-interna-plc-aeeymuc-audios-mp3\\_rf\\_12693380\\_1.html](https://www.ivoox.com/7-estructura-interna-plc-aeeymuc-audios-mp3_rf_12693380_1.html)
- Gardey., J. P. (12 de 05 de 2013). *Definicion de*. Obtenido de <https://definicion.de/sensor/>
- Gicbus. (14 de 03 de 2018). Obtenido de [https://www.logicbus.com.mx/tablas\\_plc\\_fbs\\_digitales.php](https://www.logicbus.com.mx/tablas_plc_fbs_digitales.php)

Infaimon. (12 de Abril de 2018). *Infaimon*. Obtenido de <https://blog.infaimon.com/detector-infrarrojo-funcionamiento-aplicaciones/>

Lámbarri, M. A. (2015). Obtenido de <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/tizayuca/n2/r1.html>

Lanuza, E. R. (Agosto de 2016). Obtenido de <https://ribuni.uni.edu.ni/1186/1/80495.pdf>

Leedeo. (14 de 06 de 2020). Obtenido de <https://www.leedeo.es/1/iec-61508/>

Maquinova. (23 de 09 de 2016). *Maquinova*. Obtenido de <https://www.mezcladorasymolinos.com.mx/productos/molinos/de-martillos/>

Murillo Sanchez, A. E. (25 de noviembre de 2013). *CTIN*. Obtenido de ¿Que es un PLC?: <http://www.ctinmx.com/que-es-un-plc/>

Navarrete, A. (5 de noviembre de 2020). *Gestiopolis*. Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/automatizacion-de-procesos-en-la-empresa/>

O'Neill, J. D. (2017). Obtenido de [https://www.google.com/search?q=O'Neill,J.D.yTelmerK.\(2017\).Métodos+y+herramientas:determinación+del+uso+de+mercurio+en+el+sector+de+la+minería+de+oro+artesanal+y+en+pequeña+escala+\(MAPE\).+Ginebra,+Suiza:+PNUMA.+ISBN+978-1-7752254-0-9](https://www.google.com/search?q=O'Neill,J.D.yTelmerK.(2017).Métodos+y+herramientas:determinación+del+uso+de+mercurio+en+el+sector+de+la+minería+de+oro+artesanal+y+en+pequeña+escala+(MAPE).+Ginebra,+Suiza:+PNUMA.+ISBN+978-1-7752254-0-9)

Palacios, J. (10 de 12 de 2020). Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/14629/1/14629.pdf>

PALLES, J. G. (20 de 11 de 2015). *Google*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/84108316.pdf>

Pining. (14 de 11 de 2015). Obtenido de <https://i.pining.com/>

Pining. (14 de 11 de 2015). Obtenido de <https://i.pining.com/>

Sánchez, E. M. (25 de 10 de 2013). *CTIN*. Obtenido de <http://www.ctinmx.com/que-es-un-plc/>

## XII. ANEXOS

### 12.1. Procesos para la Extracción de ORO actualmente.

#### 1. Extracción del Material.



*Imagen 12.1.12.1.1 Extracción del material con rota martillo.*



*Imagen 12.1.2 Extracción del material con retro cavadora.*

Fuente: Propia.



2. Transporte del material.



*Imagen 12.1.4 Transporte del material en sacos.*

*Imagen 12.1.3 Transporte del material con mulas y caballos.*

Fuente: Propia.

### 3. Proceso de Trituración



*Imagen 12.1.5 Trituración manual.*

Fuente: Propia.

4. Agregar el material a la rastra Mezcladora de manera manual.



*Imagen 12.1.6 Agregado del material a la rastra Mezcladora.*

Fuente: Propia.



*Imagen 12.1.7 Agregado del material con palas.*

Fuente: Propia.

5. Encendido del motor manualmente.



*Imagen 12.1.8 Encendido de motor manualmente.*

Fuente: Propia.

6. Abrir la llave de agua manualmente.



*Imagen 12.1.9 Abriendo la llave para el paso de agua.*

Fuente: Propia.

7. Proceso de Molienda.






*Imagen 12.1.10 Proceso de molienda.*






*Imagen 12.1.11 Rastra Mezcladora. Fuente: Propia.*

## 12.2. Presupuesto.

Tabla 3. Presupuesto del sistema de control automático.

Elemento	Referencia.	N*	Precio (UNIDAD/ \$)	Precio total
	<b>Fotocélulas MultiTask Réflex Array Tipo: RAY26P- 24162930A00</b>	4	\$110	\$440
	<b>¡Ampliación Siemens LOGO! DM8</b>	1	\$ 66.55	\$ 66.55
	<b>Electroválvula. Deer Platz FCD- 180B</b>	1	\$ 15	\$ 15

Elemento	Referencia.	Nº	Precio (UNIDAD/ \$)	Precio total
	<p><b>¡Siemens LOGO! Serie 8.</b></p>	1	\$ 129	\$ 129
	<p><b>Pulsador eléctrico. XB2-BA42</b></p>	7	\$ 10	\$70
	<p><b>Trituradora de Martillos</b></p>	1	\$ 900	\$900

 <p>A white SICA GV2M07 motor protection device with a red STOP button and a green START button. It features terminal blocks for power supply (L1, L2, L3) and motor (T1, T2, T3). The device is labeled with '6-10A', 'STOP', 'START M32', 'Test', and 'IEC 947-2, 947-4-1'.</p>	<p><b>Guarda motor. GV2M07</b></p>	<p>3</p>	<p>\$ 25</p>	<p>\$75</p>
 <p>A 3D CAD rendering of a conveyor belt system with a metal frame and rollers, supported by four legs.</p>	<p><b>Banda Transportadora.</b></p>	<p>1</p>	<p>\$800</p>	<p>\$800</p>
 <p>A grey control panel with a silver handle on the left. It features three indicator lights at the top (green, yellow, blue) and a grid of buttons below. The buttons are labeled: 'STOP ALARMA', 'STOP ALARMA', 'OVERLOAD', 'OVERLOAD', 'OVERLOAD', 'OVERLOAD', 'FIR', 'FIR', 'FIR', 'FIR', 'ON', 'ON', 'ON', 'ON', 'OFF', 'OFF', 'OFF', 'OFF'. The bottom row of buttons is labeled 'A-D/3', 'A-S/5', 'FF-0/2', and 'FF-0/3'.</p>	<p><b>Panel de control</b></p>	<p>1</p>	<p>\$ 100</p>	<p>\$100</p>
<p><b>Implementaci3n del sistema.</b></p>		<p>1</p>	<p>\$ 1000</p>	<p>\$1000</p>
<p><b>TOTAL</b></p>		<p><b>21</b></p>		<p><b>\$ 3,595.55</b></p>



### 12.3. Entrevista.



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN - MANAGUA

**Recinto Universitario Rubén Darío**

**Facultad de Ciencias e Ingeniería**

**Departamento de Tecnología**

**Entrevista.**

**Euclides Machado**

1. ¿Cómo es el proceso de la extracción de oro actualmente?
2. ¿Cuáles son los procesos que se realizan para la extracción de oro?
3. ¿Cómo se realiza el proceso de trituration?
4. ¿Cuánto material se tritura al día?
5. ¿Cuánto tiempo se demora la trituration?
6. ¿Qué tipo de herramientas o maquinas utilizan para llevar a cabo el proceso de trituration?
7. ¿Cómo se realiza el proceso de molienda de material?
8. ¿cuánto tiempo se demora la molienda?
9. ¿Qué factores inciden en que el proceso de molienda sea tardado?
10. ¿Cuál es la desventaja de laborar de manera artesanal?
11. ¿Considera usted necesario un sistema automatizado que agilice y facilite el trabajo?
12. ¿En qué le beneficiaría implementar un sistema automatizado para la extracción de oro?