

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica

OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE CARGUÍO DE CAMIONES
DE TRANSPORTE DE MINERAL DE LA UNIDAD MINERA
PUCAMARCA DE LA EMPRESA MINSUR

TESIS

Presentada por:

Bach. Alan Facundo Rojas Ayca

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO

TACNA - PERÚ

2016

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica

OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE CARGUÍO DE CAMIONES DE
TRANSPORTE DE MINERAL DE LA UNIDAD MINERA
PUCAMARCA DE LA EMPRESA MINSUR

Tesis sustentada y aprobada el 06 de octubre del 2015, por el Bachiller
ALAN FACUNDO ROJAS AYCA, estando el jurado calificador integrado
por:

PRESIDENTE :



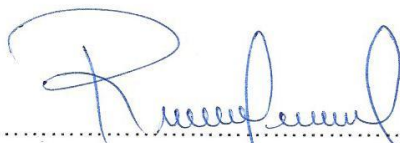
Dr. Dante Morales Cabrera

SECRETARIO :



MSc. Avelino Pari Pinto

VOCAL :



Ing. Reynaldo Clemente Telles Ríos

ASESOR :



Ing. Victor Malpartida Arrieta

DEDICATORIA

Gracias a Dios por darme un sentido a mi vida.

Dedicado con cariño y respeto para mis hermanos, Cesar e Ivan. Por brindarme todo su apoyo y comprensión.

A mi esposa Jhenifer y mi hija Dariana que con cada palabra y muestras de cariño y amor hacían que no desista de culminar las metas que me había trazado. “Mama y papa, gracias por el inmenso amor que todo el tiempo me ha dado, sé que donde están siguen guiando mis pasos día a día”

AGRADECIMIENTO

Mis más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron en la realización de este trabajo, entregándome conocimientos, apoyo o simplemente cariño y comprensión en el proceso de elaboración de mi proyecto de investigación.

A mis padres por darme la vida, una maravillosa formación y todo su amor, por contagiarme de sus fortalezas, de esas fuerzas para seguir adelante y no flaquear, y hoy que están lejos de mí sé que me siguen ayudando en todo.

A mi casa de estudios Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, en especial a los docentes de la Escuela Profesional De Ingeniería Mecánica, por su contribución en mi formación Académica y profesional.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	3
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.3 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA	6
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.4.1 Objetivo general	6
1.4.2 Objetivos específicos	7
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1 ANTECEDENTES	9
2.2 BASES TEÓRICAS	11
2.2.1 Explotación minera	11
2.2.2 Optimización	14
2.2.3 Productividad minera	15

2.2.4	La automatización de la minería	20
2.2.4.1	Definición de la automatización	24
2.2.4.2	Tipos de la automatización	26
2.2.4.3	Controlador lógico programable (PLC)	28
2.2.5	Sistemas de carguío y transporte	32
2.2.6	Tolvas de almacenamiento de minerales	34
2.2.6.1	Chancado	36
2.2.6.2	Tolvas de gruesos	37
2.3	HIPÓTESIS	39
2.3.1	Hipótesis general	39
2.3.2	Hipótesis específicos	39
2.4	VARIABLES E INDICADORES	40
2.4.1	Identificación de la Variables y sus Indicadores	40
2.4.1.1	Variable Independiente e Indicadores	41
2.4.1.2	Variable Dependiente e Indicadores	42
2.5	DEFINICIONES BÁSICAS	42
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO		
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	46
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA	47
3.3	MÉTODOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	49
3.4	MÉTODOS Y TECNICAS DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS	50
CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA MINSUR		
4.1	EMPRESA MINSUR	52
4.1.1	Descripción y ubicación de la Unidad Minera Pucamarca	59
4.2	EXPLOTACIÓN MINERA	62

4.3	PROCESO DE PRODUCCIÓN	62
4.4	TRANSPORTE Y CARGUÍO DE MINERAL	82
4.5	DESCRIPCIÓN DE LA TOLVA DE CARGUÍO (ORE BIN)	91

CAPÍTULO V: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CARGUÍO DE MINERAL (ORE BIN) DE LA UNIDAD MINERA PUCAMARCA	92
5.2	OPERACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE CARGUÍO CON LA TOLVA (ORE BIN)	102
5.3	DISEÑO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA	107
	5.3.1 Cuadro de actividades a realizar	108
	5.3.2 Materiales necesarios (solicitar reserva almacén)	109
5.4	ELABORACIÓN DE LA NARRATIVA DE CONTROL PARA EL CIRCUITO DE ORE BIN Y TOLVA DE CARGUÍO	117
	5.4.1 Modo remoto-automático	117
	5.4.2 Modo remoto-manual	119
	5.4.3 Modo local	120
5.5	IMPLEMENTACIÓN DE INDICADORES, COLOCACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE CÁMARAS DEL CIRCUITO ORE BIN	120
	5.5.1 Manual de operación del sistema automático de carguío de camiones Ore Bin	124
	5.5.2 Evaluación de tiempos muertos y fallas con operación manual y con sistema automatizado de la tolva (Ore Bin)	136
5.6	RESULTADOS DE LAS OPERACIONES DE CARGUÍO CON SISTEMA MANUAL Y SISTEMA AUTOMATIZADO	141
	5.6.1 Cuadro de costos del sistema de optimización carguío de camiones	161
5.7	COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS DE TRABAJO	166
	5.7.1 Comprobación de la hipótesis específica “A”	166
	5.7.2 Comprobación de la hipótesis específica “B”	167
	5.7.3 Comprobación de la hipótesis específica “C”	169
	5.7.4 Comprobación de la hipótesis general	170

CONCLUSIONES
RECOMENDACIONES
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Variable independiente	41
Tabla 2	Variable dependiente	42
Tabla 3	Personal involucrado en el proceso	47
Tabla 4	Cantidad de equipos involucrados en el proceso	48
Tabla 5	Unidades litológicas presentes	63
Tabla 6	Resumen de resultados de ensayos de lixiviación utilizando chancado de material a un tamaño < 0 > de 30 mm	64
Tabla 7	Resumen para un criterio aproximado respecto del ancho de faja	89
Tabla 8	Reporte de desperdicio de tiempos por fallas en la tolva sistema manual	137
Tabla 9	Reporte de desperdicio de tiempos por fallas en la tolva sistema automatizado	140
Tabla 10	Reporte de carguío automático de camiones	142
Tabla 11	Reporte de carguío automático de camiones - Ore Bin	147
Tabla 12	Reporte de carguío automático de camiones - Ore Bin	152
Tabla 13	Reporte de carguío automático de camiones – Ore Bin	157
Tabla 14	Costos de equipos	163
Tabla 15	Prueba de muestras relacionadas	168

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Organigrama de la empresa	55
Figura 2	Mapa de ubicación	61
Figura 3	Flujograma del proceso	65
Figura 4	Arreglo general de las instalaciones de planta	67
Figura 5	Diagrama de flujo de procesos	73
Figura 6	Tolvas de mineral	91
Figura 7	Compuertas hidráulicas	93
Figura 8	Faja transportadora	93
Figura 9	Silos de cal	95
Figura 10	Fluidizador de cal y válvula rotativa	95
Figura 11	Tornillo alimentador	96
Figura 12	Tablero eléctrico de control	98
Figura 13	Bombas hidráulicas	98
Figura 14	Zona de carguío, tolva de mineral	102
Figura 15	Cronograma de actividades	109
Figura 16	Materiales electromecánicos	110
Figura 17	Materiales a utilizar de instrumentación	110
Figura 18	Micrologix	111
Figura 19	Tablero eléctrico de control PLC	115
Figura 20	Pantalla circuito reclamo de mineral	116
Figura 21	Pantalla compuerta hidráulica Ore Bin	117
Figura 22	Ubicación de las cámaras en el circuito y tolva Ore Bin (1)	122
Figura 23	Ubicación de las cámaras en el circuito y tolva Ore Bin (2)	122

Figura 24	Cámaras en la cabina de control	123
Figura 25	Manual de operación	125
Figura 26	Manual de operación Tarea 1	126
Figura 27	Promedio de tendencia en tonelaje & # de viajes	144
Figura 28	Promedio de tendencia en tonelaje & # de viajes	145
Figura 29	Promedio de tendencia en tonelaje & # de viajes	149
Figura 30	Promedio de tendencia en tonelaje & # de viajes	150
Figura 31	Cuadro estadístico	155
Figura 32	Cuadro estadístico	155
Figura 33	Cuadro de tendencia de tonelaje	160
Figura 34	Cuadro de tendencia de tonelaje	160

RESUMEN

El objetivo del presente proyecto aplicado al área de planta chancado es, aumentar la cantidad de mineral chancado por guardia de trabajo y optimizar los costos tanto en el área de chancado y reclamo de mineral.

Por ello, en los capítulos I, II y III, se describe la problemática general del tema, el marco teórico, donde se definen los términos y conocimientos del proceso, explotación y productividad del oro, como introducción al proceso de instalación y montaje del proyecto de automatización y el marco metodológico.

En los capítulos IV y V, se describe detalles de la empresa MINSUR, proceso de extracción y producción y la situación actual del proceso de carguío de mineral Ore Bin, resultados obtenidos con el nuevo sistema de automatización, entre otros y se comprobarán la hipótesis general y específicas planteadas inicialmente, finalizando con las conclusiones y recomendaciones.

Palabras clave: Optimización de carguío, transporte de mineral.

ABSTRACT

The objective of this project applied to the area of crushing plant is, increase the amount of crushed ore by guard work and optimize costs both in the crushing and mineral claim.

Therefore, Chapters I, II and III, the general problem of topic describes the theoretical framework, where the terms and process knowledge, exploitation and productivity of gold, as an introduction to the process of installation and assembly of the project are defined automation and methodological framework.

Chapters IV and V, company details MINSUR, process of extraction and production and the current status of the process of loading of ore Ore Bin, results with the new automation system is described among others and the general hypothesis will be tested and specific initially raised, ending with conclusions and recommendations.

Keywords: Optimization of loading, transportation of ore.

INTRODUCCIÓN

La minería aurífera es una actividad económica, que a lo largo del tiempo ha ido cambiando de lugar e intensidad. La extracción a tajo abierto del oro emplea procesos modernos para su extracción, usualmente, los depósitos de oro con partículas diseminadas en el cerro necesitan de varios procesos conjuntamente involucrados para dar como fin la obtención de una barra de oro, en el mejor de los casos acercándose entre el 90 a 100 % de pureza en Au.

El chancado de mineral y carguío del mismo en camiones para ponerlos en pad es usado con bastante frecuencia en la minería, la razón fundamental es que esta técnica sigue siendo utilizada en los procesos de mediana y gran minería, permitiendo así colocar dicho mineral en pad para su lixiviación y demás procesos.

Como se sabe en esta última década se ha visto la implementación y propuestas de procesos de automatización, que ha aumentado la cantidad de producción en ciertas fuentes laborales como lo es la industria y la minería. Esta última siendo la más atacada por este fenómeno ya que teniendo en sus procesos una innovación constante, se ha ido reduciendo personal involucrado por ende mayores ingresos al final

de sus procesos al reducir su personal humano. A su vez reduciendo así mismo la cantidad de accidentes por error humano ya que se sabe que la mayoría de accidentes laborales en el país son por actos sub-estándar, mas no por falla de equipos o condiciones sub-estándar.

Minsur S.A. empresa minera extractora de metales preciosos. En su principal unidad de obtención de Au en Tacna- Perú. Enfrentando los nuevo retos del mercado internacional como generar activos mineros de clase mundial, siendo un referente en seguridad, responsabilidad socio-ambiental y capacitando a su personal involucrado, empieza un proceso de implementación de sistemas de gestión y mejoras en los procesos de una sus principales áreas como lo es la de planta procesos. Con el fin de obtener sus productos con la más alta calidad.

El objetivo de este estudio e implementación de mejoras, es el de compartir la experiencia y resultados en la optimización, desarrollo, implementación y mantenimiento del Proyecto de Automatización, Control y Optimización del área de chancado y reclamo de mineral en la Unidad Pucamarca.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

En la actualidad se está llevando a cabo un desarrollo acelerado de las actividades en la minería, y esto se debe básicamente al avance de la tecnología que nos permiten disponer de sistemas altamente tecnificados para la optimización de los procesos. Para efectos de la competitividad en el mercado ya no hace falta solo trabajar fuerte, sino que la tecnología obliga a las empresas a operar inteligentemente y esto tiene mucho que ver con captar, procesar, transportar y cargar el mineral, de manera tal que se debe lograr mayor productividad.

El proyecto Pucamarca perteneciente a la empresa Minsur, está ubicado cerca del hito 52 de la frontera peruano-chilena. La superficie del proyecto pertenece a la comunidad campesina de Vilavilani y campamento a la comunidad campesina de Palca. La zona del tajo se encuentra en el Cerro Checocollo. Como toda empresa de este sector tiene como finalidad obtener mayor rentabilidad mediante una mayor producción, por tanto, permanentemente se tiene que estar observando,

planificando y mejorando cada uno de los procesos de la extracción, transporte y carguío del mineral, con el objeto de detectar las pérdidas que genera el sistema.

De este modo, es preciso subrayar que en las operaciones mineras ya sea de rajo abierto o socavón, siempre se quiere obtener mayor producción en las horas de trabajo que se invierten en el proceso. En nuestro caso, la explotación minera de tajo abierto, mueve diariamente mayor cantidad de mineral en relación a las horas de trabajo diario. El mineral que es removido del cerro (Checocollo), después de ser cargado por camiones CAT 777 de 90 t es llevado directamente a una chancadora Giratoria ALLIS CHALMERS 48' x 74' y luego de ser triturada la roca pasa por fajas 01, 02 y finalmente llegando al circuito ORE BIN, donde se encuentra la faja # 03 que previamente es alimentado de mineral chancado por 3 alimentadores vibratorios, esta faja 03 a su vez al final de su recorrido llega a acumularse a una tolva de carguío de capacidad de 200 t. Esta tolva de carguío (ORE BIN) descarga el mineral directamente a los camiones de transporte de 90 t, que llevan el mineral a las pilas de lixiviación y lo depositan en las celdas de apilamiento. Las operaciones que se realizan en esta parte del sistema (ORE BIN), se realizan de manera manual, el operador debe abrir y cerrar las compuertas de la tolva para que caiga el mineral al camión de carga. Los inconvenientes que se

presentan con esta operación, rebalses de mineral en la tolva del camión, medición imprecisa de niveles de carga, falla de dispositivos por ambiente polvoriento, tiempos muertos, etc., lo cual, implica demoras y por tanto eleva los costos de producción. Lo cual, requiere la propuesta de una alternativa para optimizar el sistema.

De mantenerse con el mismo procedimiento operacional (sistema con el que se opera actualmente) se seguirá presentando inconvenientes tales como: rebalses de mineral en la tolva del camión, medición imprecisa de niveles de carga, falla de dispositivos por ambiente polvoriento, tiempos muertos, etc. Lo cual implicará demoras y se elevará el costo de producción, por lo tanto, se requiere la implementación de una alternativa de optimización del sistema.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿En qué medida un sistema automatización de la tolva Ore Bin logrará optimizar la productividad del sistema de carguío de camiones de transporte de mineral de la unidad minera Pucamarca de la Empresa Minsur?

1.3 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

- a) ¿El sistema automatizado de la tolva (Ore Bin), disminuye las probabilidades de fallas y tiempos muertos comparados con la operación de carguío manual en la unidad minera Pucamarca?
- b) ¿El sistema automatizado de la tolva (Ore Bin), incrementa el nivel de carguío de mineral comparados con la operación de carguío manual en la unidad minera Pucamarca?
- c) ¿El sistema automatizado de la tolva (Ore Bin) logra optimizar los tiempos de carguío del mineral comparados con la operación de carguío manual en la unidad minera Pucamarca?

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo general

Determinar en qué medida un sistema automatización de la tolva Ore Bin lograra optimizar la productividad del sistema de carguío de camiones de transporte de mineral de la unidad minera Pucamarca de la Empresa Minsur.

1.4.2 Objetivos específicos

- a) Determinar si la automatización de la tolva (Ore Bin), disminuye las probabilidades de fallas y Tiempos muertos comparados con la operación de carguío manual en la unidad minera Pucamarca.

- b) Evaluar si el sistema automatizado de la tolva (Ore Bin), incrementa el nivel de carguío de mineral comparados con la operación de carguío manual en la unidad minera Pucamarca.

- c) Determinar si el sistema automatizado de la tolva (Ore Bin) logra optimizar los tiempos de carguío del mineral comparados con la operación de carguío manual en la unidad minera Pucamarca.

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Según los especialistas en materia de minería, el concepto de Automatización comienza a tomar cuerpo en la década de los 90', cuando ya algunos de ellos vieron que la minería experimentaría un debilitamiento de su productividad. Si uno mira en retrospectiva, hace unos 40 años se produjo la introducción de la automatización para mejorar la competitividad respecto al sistema de parrilla en roca secundaria. Los

sistemas y martillos picadores se convirtieron en una forma de mecanizar. Y ahora la minería automatizada viene mejorando todos sus procesos.

Hoy día, los procesos mineros son discontinuos porque ocupan tecnología que los hacen ser discontinuos. Por ejemplo, en minería subterránea o minería a cielo abierto se ocupan cargadores, palas y equipos de traslado de materiales al interior de la mina. Son equipos mecanizados y que pueden operar a distancia, pero son discontinuos, ya que el material va pasando por medio de esos equipos y produce tiempos muertos en los traslados de vuelta, porque vuelve vacío, haciendo el proceso ineficiente. En nuestro caso de investigación ocurre que una propuesta de automatización del sistema de carguío de la tolva (Ore Bin) permitirá optimizar el sistema, lo cual, contribuirá a lograr mayor productividad, a la unidad operativa de Pucamarca.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

Según (Ojeda, 2012) publica la tesis "*Diseño de un sistema de automatización industrial para el sistema de bombeo de aguas acidas, Centro minero Yanacocha*". El objetivo general de esta tesis, es el desarrollo de la ingeniería de detalle del sistema de bombeo de aguas ácidas desde la poza de almacenamiento sur, hasta la poza de almacenamiento y control norte. La metodología implica que para cumplir con nuestro primer objetivo específico tuvimos que analizar los requerimientos del cliente en nuestro caso la Minera Yanacocha. En base a lo anterior, se detectó la necesidad principal y se propuso alternativas de diseño expuestas en la ingeniería básica desarrollada en el P&ID (Diagrama de Instrumentación y Tuberías). En la etapa de elaboración de la ingeniería de detalle del proceso que incluye el desarrollo de la etapa de control y el dimensionamiento y selección de instrumentos de campo se tuvo que aprender a utilizar los Software AFT FATHOM 7.0 y el Step 7-Micro/Win. Los resultados obtenidos con el Software AFT FATHOM 7.0

brindó el dimensionamiento en presiones y flujo por línea, lo cual nos permitió elaborar las hojas de datos de los instrumentos de una manera precisa. Las cotizaciones fueron expuestas al cliente. Se procuró la elección de elementos con la relación más alta de beneficio costo. De los resultados obtenidos con el software Step 7-Micro/Win podemos concluir que el desarrollo de los lazos programados en lenguaje ladder realizan las operaciones requeridas para que proceso se desarrolle de una manera exitosa. Además concluye que el presente diseño cumple con el objetivo de poder ofrecer una alternativa para la implementación de un sistema de bombeo de aguas acidas para industrias dedicadas al rubro minero.

Por su parte (Balta & Vásquez, 2010) publicaron la investigación, "*Diseño del sistema de control automático del proceso de retratamiento del relave en la unidad minera Orcopampa de la empresa Buenaventura*". Objetivo: Diseñar la automatización más adecuada para el proceso de retratamiento del relave en la unidad minera Orcopampa. Concluye que se diseñó un sistema de control que cumple con los requerimientos de la planta. En la unidad minera en los inicios de sus operaciones en la producción de oro, se sabe que durante muchos años para recuperar el oro utilizaban la técnica de lixiviación por flotación, el cual, no era tan eficiente, un porcentaje del oro se iba con el relave, si de una tonelada de

mineral se debería extraer 10 gramos de oro solo se extraían 6 gramos los otro 4 se iba con el relave. En la actualidad, en otras unidades paralelas existe un aumento considerable en la recuperación del oro mediante la técnica lixiviante de cianuración por agitación, sumado a la automatización, permite recuperar el 95 % de oro, que quiere decir de los 10 gramos por tonelada se recupera 9,5 gramos, dándonos más eficiencia en la recuperación del oro del mineral extraído, disminución de errores, velocidad de respuesta, mejoras en la producción.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Explotación minera

Los minerales y la sociedad han estado ligados desde los tiempos más remotos de la humanidad. Los productos derivados de las sustancias minerales han estado siempre estrechamente ligados a todos los aspectos de online cialisorder la civilización y, en especial, a sus actividades, a su bienestar y a su calidad de vida.

La explotación de minas corresponde al conjunto de actividades, operaciones o trabajos que es necesario realizar para separar físicamente los minerales desde su ambiente natural y transportarlos hasta las

instalaciones de procesamiento, donde se recuperará aquellas sustancias y materiales que el hombre usa en sus actividades cotidianas o puntuales y consiste, por lo tanto, en la ejecución secuencial de generic viagra levitra regalis las operaciones básicas del arranque del mineral desde su ubicación terrenal y el manejo de los materiales extraídos (Lavandio, 2008).

La explotación de minas es una de las etapas más importantes del negocio minero destinado a la extracción de minerales destinado a la producción de metales y no metales, materiales de construcción de distintos tipos, materiales combustibles y la producción de otras sustancias que satisfacen necesidades de consumo de la humanidad. La instalación de operaciones de explotación de minas implica el desembolso de buyviagra sale importantes montos de inversión y la aplicación de operaciones y equipos de alta complejidad y el desarrollo de labores en condiciones extremas de trabajo, entre las cuales se encuentran las operaciones en superficie o subterráneas, ubicadas de preferencia en zonas montañosas y con condiciones ambientales rigurosas y el empleo de explosivos de findviagra free sites online alta potencia.

La explotación de un yacimiento minero supone la existencia de una concentración de un mineral, elemento o roca con suficiente valor económico como para sustentar esta explotación minera con un beneficio

industrial para la empresa. Para que esto se produzca, se ha de cumplir la ecuación: Valor Producción = Costes + Beneficios.

El valor de la producción, se obtiene mediante la valoración económica del yacimiento, de acuerdo con los datos del estudio de investigación minera, y por tanto, dependen de la naturaleza y características de la mineralización, que serán unas determinadas. De forma que para poder cumplir con esta condición, tenemos que analizar los costes que implica la explotación minera del yacimiento.

Este factor, el coste, depende de muchos factores. Algunos de ellos no son modificables: si el yacimiento se localiza a gran distancia de centros de transporte o de consumo, tendremos un coste de transporte a asumir (y minimizar en lo posible). Otros dependen de decisiones a tomar: por ejemplo, la decisión de abordar una explotación a cielo abierto o subterránea incide de forma decisiva sobre este factor de coste. No obstante, rara vez tomamos este tipo de decisiones libremente, ya que suelen estar condicionadas por factores propios de mineralización: profundidad a la que se encuentra, geometría (horizontal o vertical, mayor o menor espesor). En cualquier caso, en la toma de decisiones implicada en el diseño de una explotación minera siempre tenemos un mayor o menor grado de libertad, que nos permite evaluar distintas alternativas, y

elegir la más adecuada para cada yacimiento, de forma que la ecuación se cumpla (lo cual no siempre ocurre, naturalmente).

2.2.2 Optimización

Optimización es la **acción y efecto de optimizar**. Este verbo hace referencia a **buscar la mejor manera de realizar una actividad**. El término se utiliza mucho en el ámbito de la **informática**.

- La optimización es un proceso que tiene a minimizar o maximizar alguna variable de rendimiento, generalmente tiempo, espacio, procesador, etc.
- Desafortunadamente no existen optimizador que hagan un programa más rápido y que ocupe menor espacio.

Tipos de optimización:

- Locales
- Bucles
- Globales
- De mirilla

2.2.3 Productividad minera

La productividad es la relación existente entre el producto y los recursos, la misma que debe ser incrementada conforme avanza la curva de aprendizaje, la experiencia, la creatividad en la operación y la innovación necesaria para lograr su mayor incremento generando como consecuencia un aumento inmediato de la competitividad personal, profesional y empresarial con beneficios para toda la industria.

La productividad minera se expresa en forma de producto generado sea por toneladas extraídas de mina (TM/hombre-guardia), por metros de avance en las exploraciones y desarrollos (m de avance/hombre-guardia), por producción de finos (onzas/kW-h-turno) o en general productos (toneladas de concentrado, onzas finas, etc.) vs recursos (agua, energía, materiales, reactivos, recursos humanos, capital, tiempo, etc.) debiendo buscar cual es la métrica apropiada de productividad para cada operación minera en particular para sus actuales condiciones de operación y calcular la productividad total cuando se depende de múltiples factores en forma simultánea. Existen múltiples factores que afectan la productividad y la gran mayoría son factores gestionables por la gerencia de operaciones desde el campo incluyendo la aplicación de los métodos de minado, la plataforma de suministro

logístico, la manera de organizar y liderar los equipos, la adecuación de los perfiles de los equipos, la articulación con los proveedores y fabricantes a los cuales los proveedores representan, el grado de automatización y mecanización de la operación y la gestión de la información que se requiere para desarrollar el ciclo en forma continuada, productiva y segura. Estos factores son parte de la ecuación de gestión diaria del ingeniero de minas a cargo de la operación y constituyen una responsabilidad de la gerencia de operaciones de toda compañía minera.

En este contexto multifactorial la productividad minera puede alcanzarse rápidamente en la medida que logremos reducir el tiempo del ciclo de las operaciones del proceso minero, logrando extraer mayores cantidades de mineral con los mismos recursos humanos, tecnológicos, operacionales y financieros. De igual forma, la mecanización se ha convertido en uno de los motores del incremento de la productividad en las operaciones mineras logrando mayores producciones en menores tiempos de ciclo con mayor seguridad para los colaboradores. La única restricción hasta hoy no superada para determinadas actividades de mecanización son las condiciones geotécnicas del macizo rocoso que no permite mecanizaciones a gran escala en algunos casos muy particulares.

El ciclo de extracción de mina se compone principalmente de la secuencia de procesos en bombeo, perforación, voladura, ventilación, relleno, carguío y transporte cuyos componentes pueden ser secuenciados para generar un tiempo de ciclo de producción apropiado a la naturaleza y escala de la operación minera de manera que pueda lograrse la mayor productividad posible. Recordemos que el tiempo de ciclo se compone de tiempos de espera, tiempos en tránsito, tiempos de procesamiento y tiempos fuera de cola para la entrega del material, producto o servicio al proceso siguiente. De estos tiempos, el único tiempo que agrega realmente valor es el tiempo efectivo de procesamiento que es el que debemos procurar tenga los recursos apropiados para un desarrollo seguro y efectivo. El resto de tiempos, lamentablemente no agrega valor y por lo tanto requieren ser reducidos a su mínima expresión técnica viable bajo la responsabilidad operativa de los ingenieros de minas de manera que podamos lograr una operación efectiva y segura en el marco de una industria minera altamente competitiva.

Producción de oro en el Perú

El oro es el mineral cuya producción ha experimentado el mayor crecimiento, un equivalente a 2,569 % entre los años 1980 y 2000. El

nuevo marco regulatorio impulsó la puesta en marcha de las primeras operaciones auríferas que explotaban grandes depósitos de mineral diseminado, como Yanacocha y Pierina. Luego de estas operaciones, la producción ha continuado creciendo, aunque de manera más modesta, tal como se ve en el marco global. Parte de este magro crecimiento se debe a la disminución de las reservas del yacimiento Pierina, que en el 2004 presentó un descenso de su producción de 29,2%. Por otro lado, la producción de la minera Yanacocha aumentó en ese mismo año en 2,1 % gracias a un mayor contenido de oro en el mineral tratado. Paralelamente, los altos precios del oro han seguido incentivando la producción por parte de operaciones de pequeña minería y de la minería artesanal.

La minería aurífera es una actividad que debe ser entendida como uno de los pilares de la economía peruana. Durante el año 2007, la producción de oro del país fue de aproximadamente 171 toneladas, reafirmando al país como el quinto productor mundial con 7 % del volumen mundial.

Según la **Superintendencia Nacional de Administración Tributaria-SUNAT**, las exportaciones mineras del Perú llegaron a más de US\$ 16 900 millones, manteniendo su posición como primer sector exportador del país. De dicho monto, las exportaciones mineras auríferas

alcanzaron US\$ 4 025 millones. Los principales destino de exportación fueron Suiza, Canadá y EE.UU.

Yanacocha y **Barrick** siguen siendo los principales productores auríferos del Perú. Según las estadísticas reportadas por el Ministerio de Energía y Minas, la mina cajamarquina superó las 48,63 toneladas de oro, mientras que Barrick llegó a las 33,77 toneladas en **Lagunas Norte** (La Libertad) y a 16,17 toneladas en **Pierina** (Ancash). Se estima que más de 4 toneladas de oro se explican por el inicio de nuevas operaciones.

Entre las nuevas minas que ingresaron al circuito de producción, estuvieron **Tucari** en Moquegua y **Arasi** en Puno. La primera aportó 1,4 toneladas de oro y la segunda 1,13 toneladas. En realidad, la lista de empresas que iniciaron nuevas operaciones auríferas es amplia, allí están: **Cartagena** con su unidad del mismo nombre en Puno;

Buenaventura con Poracota, **Century Mining** con San Juan y **Yanaquihua** con Alpacay, todas ubicadas en Arequipa. En Ayacucho, **Minera Suyamarca** empezó a producir en su mina Pallancata, mientras que en La Libertad, **Century Mining** abrió la mina El Rosario.

2.2.4 La automatización en la minería

Automatización: Minería del futuro

Tal como vienen ocurriendo en las diferentes industrias que operan en el país, el sector minero está adecuándose aceleradamente a los constantes avances tecnológicos que están generándose en el mundo. En un entorno dominado por la volatilidad de los precios, la retracción de capital para inversiones y la elevación de los costos de los recursos, los procesos de automatización se han convertido en la respuesta para mejorar su productividad, optimizar sus procesos y, por ende, reducir sus costos. A continuación, conozcamos cómo ha evolucionado el mercado de soluciones tecnológicas y los desafíos que tiene a futuro.

Con el paso del tiempo, el sector minero va teniendo una diversidad de cambios tecnológicos, los cuales están llamados a convertir esta actividad en una industria más eficiente, respetuosa con el medio ambiente, segura con el trabajador, previsor y con capacidad de reacción ante los posibles bajones en las inversiones y cambios en los precios.

Es un proceso que la está llevando a mutar y convertirse en una industria que apela a la tecnología para lograr que los diferentes lenguajes, dispositivos y

plataformas puedan converger y comunicarse entre sí mediante sistemas unificados y automatizados aplicados a un creciente número de procesos.

Con ello, también, las empresas del sector intentan responder al desafío que enfrenta la industria de compatibilizar sostenibilidad y productividad, lo que hace imprescindible para las operaciones mineras conocer el desarrollo, gestión, integración e impacto de las tecnologías usadas en la automatización.

En este ámbito, la tendencia en el sector minero es a contar con centros de control que les permitan monitorear sus operaciones en conjunto, sin tener la necesidad de ver las distintas áreas por separado y luego querer reunirlos en un todo, según explica Álvaro Castro, Line Manager de Control Systems de ABB en el Perú.

Además, es importante resaltar el gran desafío que tiene el sector minero. Y es que la industria no tiene aun completamente integrados todos sus procesos, por lo que tiene como tarea avanzar hacia esa integración con estándares comunes para sus objetivos; es decir, que los lenguajes, transmisiones de datos y diversas plataformas ‘conversen’ entre sí.

Es así que, hoy, se ha comenzado ya a hablar en el sector minero peruano de la necesidad urgente de tener una 'visión completa' de la gestión de las operaciones mineras. Esto es, gestionar todas las operaciones, desde la mina hasta el puerto, y de cada fase de los distintos procesos, lo que incluye los inventarios, las calidades y los volúmenes; además, claro, de identificar cuál es la mejor forma de alimentar la planta, y cuáles son el producto final, los balances y la producción reales. Es aquí es donde radica la diferencia entre una operación minera eficiente y una tradicional.

Pero, ¿qué tanto ha avanzado el sector minero en la introducción de esos procesos en su labor cotidiana? Está dando los primeros pasos. Y es que según Thorsten Körner, Gerente de Ventas de Bosch, este 2014 fue un año lento debido a la contracción general del mercado y la caída de los precios de los principales metales. No obstante, siendo también un tema político, confía en que para el 2015 sea un año en el cual la minería se reactive y se generen mayores e importantes inversiones orientadas al uso de los sistemas de automatización.

¿Por qué se automatiza hoy?

Una de las preguntas que surge siempre en el tema de la automatización es cuáles son los motivos principales por los cuales la industria minero identificó en las nuevas tecnologías una herramienta vital para optimizar sus procesos. Y estos, según los especialistas, son fundamentalmente tres.

El primero es la racionalización económica en las plantas, al ocupar maquinaria en vez de fuerza humana para las tareas; el segundo, es la precisión, ya que normalmente los procesos automatizados son mucho más exactos y tienen excelente repetitividad, lo cual genera una mayor productividad de las maquinarias, procesos o plantas; y, finalmente, el tercero y más importante es la seguridad y salud ocupacional ya que la industria moderna intenta evitar que los seres humanos estén expuestos a riesgos en su ambiente de trabajo.

Todos ellos son factores determinantes para que en la actualidad parte de los procesos o trabajos básicos de la industria minera cuenten, en mayor o menor grado, con cierta automatización en sus diferentes campos de trabajo.

“Como en todos los sectores industriales, lo que importa es que exista un retorno de la inversión. Todo se basa en un cálculo financiero, y si se determina que mediante el uso de las tecnologías se logra mejorar los procesos y acarrea un beneficio para la empresa, la mayor probabilidad es que se dé dicha automatización”, señala , Thorsten Körner, Gerente de Ventas de Bosch.

2.2.4.1 Definición de la automatización

Forma de ordenación a partir de la secuenciación automática de tareas y regulación de variables para que sigan las consignas impuestas (Robles Álvarez, A. 2005).

Según (Bruchi Salazar I., 2003); señala, “Automatización es la tecnología que trata de la aplicación de sistemas mecánicos, electrónicos y de bases computacionales para operar y controlar la producción”. Esta tecnología incluye:

Herramientas automáticas para procesar partes:

- Máquinas de montaje automático.
- Robots industriales.
- Manejo automático de material y sistemas de almacenamiento.
- Sistemas de inspección automática para control de calidad.
- Control de reaprovechamiento y control de proceso por computadora.
- Sistemas por computadora para planear colecta de datos y toma de decisiones para apoyar las actividades manufactureras.

En estos tiempos de calidad, las empresas que destacan en un ámbito global, son aquellas que aprovechan al máximo sus recursos, optimizan sus procesos y a la vez se comprometen a respetar el medio ambiente asegurando su preservación.

Hoy en día, la automática se define como la ciencia de la automatización, la cual agrupa un conjunto de disciplinas teóricas y tecnológicas que intervienen en la concepción, la construcción y el empleo de sistemas automáticos. El control automático se ha convertido en una parte importante e integral de los procesos modernos industriales y de fabricación.

La automatización industrial es el uso de elementos mecánicos, eléctricos o electrónicos para controlar procesos industriales substituyendo el trabajo del ser humano. Provee a los operadores humanos de mecanismos autónomos o semi autónomos para ayudarlos a extender sus capacidades físicas al realizar tareas conocidas por él, de una manera más eficiente y segura. Desde los inicios de la era industrial hasta la actualidad, la automatización de procesos ha pasado a ser una herramienta indispensable, actualmente ninguna empresa puede dejar de lado la automatización de sus procesos pues ésta aumenta la calidad de

sus productos finales, reduce los tiempos de producción, realiza tareas complejas, reduce los desechos y por lo tanto aumenta la rentabilidad productiva. La mayor calidad en los productos se logra mediante exactitud de las máquinas automatizadas y por la eliminación de los errores propios del ser humano, lo que a su vez repercuten grandes ahorros de tiempo y materia.

2.2.4.2 Tipos de la automatización

Existen cinco formas de automatizar en la industria moderna. Los tipos de automatización son:

- ***Control Automático de Procesos***, se refiere usualmente al manejo de procesos caracterizados de diversos tipos de cambios.
- ***El Procesamiento Electrónico de Datos***, Frecuentemente es relacionado con los sistemas de información, centros de cómputo, etc.
- ***La Automatización Fija***, es aquella asociada al empleo de sistemas lógicos tales como los sistemas de relevadores y compuertas lógicas.
- ***El Control Numérico Computarizado.***

- **La Automatización Flexible**, lo poseen las máquinas de control numérico computarizado.

Para (BRUCHI Salazar I, 2003). Señala que los tipos de automatización son los siguientes:

Automatización fija.- Las características típicas son:

- Fuerte inversión inicial para equipo de ingeniería.
- Altos índices de producción.
- Relativamente inflexible en adaptarse a cambios en el producto.
- La justificación económica para la automatización fija se encuentra en productos con grandes índices de demanda y volumen.

Automatización programable.- Las características típicas son:

- Fuerte inversión en equipo general.
- Flexibilidad para lidiar con cambios en la configuración del producto.
- Conveniente para la producción en montones

Automatización flexible.- Las características típicas pueden resumirse como sigue:

- Fuerte inversión para equipo de ingeniería
- Producción continua de mezclas variables de productos
- Índices de producción media

- Flexibilidad para lidiar con las variaciones en diseño del producto

Las características esenciales que distinguen la automatización flexible de la programable son:

- Capacidad para cambiar partes del programa sin perder tiempo de producción.
- Capacidad para cambiar sobre algo establecido físicamente asimismo sin perder tiempo de producción.

2.2.4.3 Controlador lógico programable (PLC)

Definición:

Es un dispositivo electrónico que puede ser programado por el usuario y se utiliza en la industria para resolver problemas de secuencias en la maquinaria o procesos, ahorrando costos en mantenimiento y aumentando la confiabilidad de los equipos. Es importante conocer sus generalidades y lo que un PLC puede hacer por tu proceso, pues podrías estar gastando mucho dinero en mantenimiento y reparaciones, cuando estos equipos te solucionan el problema y se apagan solos.

Los PLC son utilizados en muchas industrias y máquinas. A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y de salida, rangos de temperatura ampliados, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto. Los programas para el control de funcionamiento de la máquina se suelen almacenar en baterías copia de seguridad o en memorias no volátiles.

El PLC trabaja atendiendo sus entradas y dependiendo de su estado conecta/desconecta sus salidas. El usuario introduce un programa, normalmente vía software que proporciona los resultados deseados. Los PLC son utilizados en muchas aplicaciones reales, casi cualquier aplicación que necesite algún tipo de control eléctrico necesita un PLC. Entonces se define un PLC como una computadora especializada, diseñada para controlar máquinas y procesos en ambientes industriales operando en tiempo real.

Las funciones básicas de un PLC son las siguientes:

Detección: el PLC detecta señales del proceso de diferentes tipos.

Mando: elabora y envía acciones al sistema según el programa que tenga.

Dialogo hombre maquina: Recibe configuraciones y da reportes al operador de producción o supervisores.

Programación: el programa que utiliza permite modificarlo, incluso por el operador, cuando se encuentra autorizado.

Por todo esto es evidente que por medio de la implementación de un sistema de control PLC es posible hacer automático prácticamente cualquier proceso, mejorar la eficiencia y confiabilidad de la maquinaria, y lo más importante bajar los costos. En suma, se pagan solos.

Ventajas y desventajas de los PLC

Ventajas:

Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:

- No es necesario dibujar el esquema de contactos.
- No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas ya que, por lo general, la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande como para almacenarlas.
- La lista de materiales a emplear es más reducida y, al elaborar el presupuesto correspondiente, se elimina parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega, etc.

- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado y añadir aparatos.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor coste de mano de obra de la instalación.
- Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden detectar e indicar posibles averías.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo de cableado.
- Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para controlar otra máquina o sistema de producción.

Desventajas:

- Hace falta un programador, lo que exige la preparación de los técnicos en su etapa de formación.
- La inversión inicial es mayor que en el caso de los relés, aunque ello es relativo en función del proceso que se desea controlar. Dado que el PLC cubre de forma correcta un amplio espectro de necesidades, desde los sistemas lógicos cableados hasta el microprocesador, el

diseñador debe conocer a fondo las prestaciones y limitaciones del PLC.

2.2.5 Sistemas de carguío y transporte

El carguío y el transporte constituyen las acciones que definen la principal operación en una faena minera. Estos son responsables del movimiento del mineral o estéril que ha sido fragmentado en un proceso de tronadura.

El carguío consiste en la carga de material mineralizado del yacimiento para conducirlo a los posibles destinos, ya sea el chancado, stock de mineral o botaderos de estéril.

Procedimiento del carguío

La operación de carguío involucra el desarrollo de una serie de funciones que aseguran que el proceso se lleve a cabo con normalidad y eficiencia.

Planificación de la mina

Esta etapa del proceso de la explotación minera se ocupa de definir los sectores de carga, las direcciones de carguío y el destino de los materiales de acuerdo con leyes de clasificación y tonelajes definidas previamente.

Operación de la mina

La operación es la función que se responsabiliza del manejo y organización de los equipos de carga en la mina, así como de supervisar el entorno, especialmente en lo referido a frentes de carga, posición de equipos de carguío y nivel de pisos.

Jefe de operaciones: La operación minera está a cargo de un jefe de operaciones, quien asigna los equipos y operadores en los turnos respectivos. En faenas a gran escala es apoyado por un sistema de despacho (dispatch), que controla de una forma global la producción, complementado por un proceso de optimización continua a través de sistemas computacionales interconectados, presentes en todos los equipos.

Operador del equipo de carguío: Es la persona que está directamente a cargo de la operación de carga de su equipo. Además, es responsable de definir la posición de los camiones para la carga y de evitar que la carga caiga en forma brusca sobre la tolva del camión, lo que puede dañar el equipo de transporte y/o al operador de éste.

Topografía

Mediante esta función se definen las diferentes zonas de trabajo, en cuanto a control del nivel de pisos y frentes de carguío. Asimismo, el equipo de topografía es responsable de marcar y/o validar las zonas mineralizadas para su posterior destino, tanto por medio de conexión radial como por envío de datos hacia los sistemas de despacho (dispatch).

Equipos auxiliares

Los equipos auxiliares se encargan de mantener en buen estado las zonas de carguío y transporte, especialmente el nivel de pisos, de acuerdo con instrucciones del Jefe de operaciones y/o el operador del equipo de carguío. Por lo tanto, la interacción con estos responsables es permanente, no sólo para la correcta operación de carguío, sino también

para vigilar y evaluar la presencia de elementos del entorno, como cables eléctricos de la pala y sistemas de "pasacable".

2.2.6 Tolvas de almacenamiento de minerales

Tolva de mineral

Una tolva es un equipo de almacenamiento de mineral ya sea grueso o fino, la cual se compone de dos partes: Una sección convergente situada en su parte inferior a la que se conoce como boquilla, la cual puede ser de forma cónica o en forma de cuña, y Una sección vertical superior que es la tolva propiamente dicha, la cual proporciona la mayor parte del volumen de almacenamiento de mineral. Para diseñar una tolva de almacenamiento conexas a un sistema de manipuleo de mineral en una Planta Concentradora es fundamental la determinación de las características de flujo mediante el ensayo de una muestra representativa. Una forma práctica de diseñar y dimensionar una tolva es teniendo los siguientes parámetros:

Capacidad de almacenaje, toneladas métricas,

t. Densidad aparente del mineral en t/m^3 .

Ángulo de reposo del mineral.

Ángulo de la tolva $Y=B+ 15$.

Depósito donde se almacena el mineral que viene de la mina para alimentar a las chancadoras o circuito de chancado.

Están fabricadas de concreto armado o de madera forradas con planchas de hierro. La boca de recepción de mineral en la parte superior tiene forma cuadrada o rectangular y el fondo es inclinado, La boca de recepción tiene una parrilla de rieles usados que impiden el paso de mineral grueso a los alimentadores y chancadoras. La separación entre riel y riel se llama luz.

2.2.6.1 Chancado

Es la primera etapa para el beneficio de minerales; y consiste en la aplicación de fuerza mecánica para romper los trozos grandes de mineral hasta reducirlos a un tamaño menor (fragmentos de $\frac{1}{2}$ " a $\frac{5}{8}$ " – $\frac{3}{4}$ ") utilizando fuerzas de compresión y en menor proporción fuerzas de fricción, flexión, cizallamiento u otras Se realiza en máquinas que se mueven a velocidad media o baja en una trayectoria fija y que ejercen presiones inmensas a bajas velocidades, que se caracterizan porque sus elementos trituradores no se tocan y las condiciones principales de esta operación son la oscilación y la velocidad de oscilación, y el factor que

influye esta condición de operación son las características del mineral (humedad, tamaño y dureza).

Trabajos que hace la sección de chancado

Para que nuestros molinos trabajen correctamente deben tener carga $\frac{1}{2}$ " (máximo $\frac{5}{8}$ "), pero la mina nos envía el mineral de ese tamaño... No. Entonces que será necesario hacer... Esto., efectivamente..... chancar.

El trabajo de la sección es:

- Iniciar la etapa de liberación de los elementos valiosos, por reducción de tamaño del mineral.
- Obtener un producto adecuado en tamaño y cantidad para la operación correcta de los molinos.

Influencia que tiene la sección de Chancado sobre la Molienda

Tanto la molienda como la trituración deben estar íntimamente ligadas. Si la sección chancado hace un buen trabajo en la reducción de

tamaño del mineral, el molino hará más fácilmente su trabajo. El producto de la sección chancado debe estar comprendido entre 1/2" y 5/8".

2.2.6.2 Tolvas de gruesos

Las tolvas de gruesos son depósitos que sirven para almacenar el mineral bruto que viene de la mina, y así alimentar a las chancadoras en forma regular. Generalmente estas tolvas de gruesos son de concreto armado, tienen la forma cuadrada que termina en un cono piramidal provista en la parte superior de una parrilla rústica construida de rieles, sirven para recibir mineral que nos entrega mina. El mineral viene a las tolvas de gruesos N° 02 y 03 por medio de carros metaleros o mineros (10 carros por viaje), cada carro metalero tiene una capacidad de 10 toneladas, de este modo viene el mineral procedente de la mina. Por medio de volquetes se alimenta a la tolva de gruesos N° 01.

Rieles o parrillas de las tolvas de gruesos, muchas personas creen que las parrillas sirven para impedir que alguien se caiga dentro de la tolva, pero la verdadera razón es impedir el paso de mineral grande dentro de la tolva, a fin de evitar problemas en el alimentador, faja transportadora y en la chancadora primaria. Los rieles están a una distancia de 8" hacia lo ancho y 12" hacia lo largo, es decir, son parrillas estacionarias de 8" x 12"

de luz Los principales cuidados que se deben tener con los rieles de las parrillas son las siguientes:

- No deben estar flojas
- No deben estar rotas
- No deben estar demasiadas gastadas Comunicar al supervisor si encuentra alguna de estas fallas (condición insegura).

Cuidados necesarios en las tolvas.- Antes de realizar el trabajo; inspeccionar el área de trabajo, y eliminar las condiciones inseguras Las tolvas de gruesos se debe inspeccionar al inicio y al final de cada guardia, y periódicamente durante la guardia, y está a cargo del chancador primario (operador) El llenado de la tolva es realizado y supervisado por mina en coordinación con la planta concentradora. La descarga de las tolvas se realiza a través de los alimentadores de placas (Apron Feeder) N° 1, 2 y 3, el control y supervisión está por completo a cargo de la planta concentradora Observar las condiciones del piso y barandas; el piso debe estar limpio y las barandas seguras.

2.2.7 HIPÓTESIS

2.2.7.1 Hipótesis general

El sistema de automatización de la tolva Ore Bin mejora significativamente la productividad del sistema de carguío de camiones de transporte de mineral de la unidad minera Pucamarca de la Empresa Minsur.

2.2.7.2 Hipótesis específicos

- a) El sistema automatizado de la tolva (Ore Bin), disminuye las probabilidades de fallas y Tiempos muertos comparados con la operación de carguío manual en la unidad minera Pucamarca.
- b) El sistema automatizado de la tolva (Ore Bin), incrementa el nivel de carguío de mineral comparados con la operación de carguío manual en la unidad minera Pucamarca.
- c) El sistema automatizado de la tolva (Ore Bin) logra optimizar los tiempos de carguío del mineral comparados con la operación de carguío manual en la unidad minera Pucamarca.

2.2.8 VARIABLES E INDICADORES

2.2.8.1 Identificación de la Variables y sus Indicadores

Según el Autor Sanchez Carlessi y Reyes Meza (1984), Metodología y Diseños en la Investigación Científica. “Una variable constituye cualquier característica, cualidad o propiedad de un fenómeno o hecho que tiende a variar y que es susceptible a ser medido y evaluado. O también una variable puede definirse como una propiedad que adquiere distintos valores”

2.2.8.2 Variable Independiente e Indicadores

Tabla 1. Variable Independiente

Variable	Indicadores	Instrumento de medida
Automatización de la tolva de carguío (Ore Bin)	Funcionamiento del sistema.	Registro de incidencias
	Eficiencia en las operaciones de carguío.	
	Precisión del sistema	
	Eficacia del sistema	

Fuente: Elaboración prop

2.2.8.3 Variable Dependiente e Indicadores

Tabla 2. Variable Dependiente

Variable	Indicadores	Instrumento de medida
Incremento de la productividad	Tiempo de operación	Ficha de registro de guardia
	Número de fallas	
	Control de las operaciones	
	Horas hombre	
	Número de despachos x hora	
	Costos de operación	

Fuente: Elaboración propia

2.3 MARCO CONCEPTUAL

Automatización: Es el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar maquinarias o procesos industriales o mineros.

Chancadora giratoria: Una máquina que chanca el mineral entre un cono de chancado montado fuera del centro y una garganta chancadora fija. Normalmente tiene una capacidad mayor que la de una chancadora de mandíbulas.

Recuperación: El porcentaje de metal valioso en el mineral que se recupera por medio de un tratamiento metalúrgico.

Oro: Un metal precioso de color amarillo brillante muy dúctil y maleable, que es resistente a la corrosión por aire y por agua.

Fajas transportadoras: Son correas sin-fin flexibles, que se desplazan circundando dos poleas en los extremos, y con soportes intermedios convenientemente distribuidos. Están constituidas por una correa especialmente reforzada y revestida de caucho para aguantar tensiones y resistir el fuerte desgaste superficial.

Transporte de materiales: La fluencia del mineral de una a otra máquina se efectúa por diferentes medios, según sea el tamaño de las partículas, el contenido de humedad, la distancia y el desnivel disponible; estos factores determinarán el tipo de máquina o medio de transporte que se usará.

Taladro de roca hidráulica: Este equipo es usado para romper rocas sobredimensionadas que no puedan pasar por la boca de alimentación de la chancadora primaria, la roca es rota por golpes sucesivos de una broca, que baja y sube actuando sobre la roca,

con fuerzas de compresión y tracción, la fuerza de compresión es la que origina el quebrado de la roca.

Sistema Hydroset y de lubricación del chancador giratorio: El sistema de lubricación del chancador giratorio, que consta de un tanque de almacenamiento de aceite, una bomba de aceite lubricante, un filtro de aceite y un enfriador de aceite, proporciona aceite a los engranajes y a los bujes de la excéntrica.

Belt Magnet (Faja Magnética): Detector de metales instalado en la faja transportadora 01 de alimentación a la zona de chancado primario de mineral, impide el paso de chatarra metálica atrapado toda clase de metal que pueda dañar las fajas transportadoras siguientes.

Balanza de Faja Transportadora: Equipo que mide el peso del mineral que va pasando por la faja transportadora, también es llamado pesómetro.

Stock Pile: El stock pile está definido como el almacenamiento del material en pilas sobre la tierra o superficie. Pueden estar expuestos o protegidos. La capacidad del Stock Pile es 49 000 Ton.

Considerando factores importantes como las características del mineral, capacidad requerida y disponibilidad de espacio.

Alimentadores Vibratorios: Se tiene 3 alimentadores vibratorios, que constan de una tolva de descarga y un motor magnético que produce vibraciones para que el mineral pueda transportarse del Stock Pile hacia la faja transportadora.

Tolva de Carguío (Ore Bin): Es un acumulador de mineral.

Compuerta hidráulica: Una compuerta hidráulica es un dispositivo hidráulico-mecánico destinado a regular el pasaje de agua u otro fluido en una tubería, en un canal, presas, esclusas, obras de derivación u otra estructura hidráulica.

Motor eléctrico: Es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas. Son máquinas eléctricas rotatorias compuestas por un estator y un rotor.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para identificar el tipo de investigación se hace referencia a los siguientes autores:

El autor (Ávila, 1990) sostiene: “este tipo de investigación está interesada en la aplicación de los conocimientos a la solución de un problema práctico inmediato”: en otro párrafo dice: “La investigación aplicada busca conocer para hacer, para actuar, para construir, para modificar; le preocupa la aplicación inmediata sobre una realidad concreta”.

Mientras que (Sánchez y Reyes, 1984), definen: “llamada también constructiva o utilitaria, se caracteriza por su interés en la aplicación de los conocimientos técnicos a determinada situación y las consecuencias prácticas que de ella se deriven”.

Consecuentemente, tomando en cuenta los planteamientos teóricos de dos textos de diferentes autores connotados de la investigación científica, la presente investigación corresponde al tipo de investigación aplicada.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

Población

La población de la presente investigación estará compuesta como sostiene (Palomino, 2002), por el conjunto de sujetos, objetos y procesos que están comprendidos en el sistema de carga de mineral de la unidad operativa de Pucamarca. Para los aspectos denominados población de sujetos se incluirá a: personal que opera el sistema y los conductores de los vehículos de transporte.

Tabla 3. Personal involucrado en el proceso

Denominación	Unidades	
Operarios y supervisores	10	Personas
Conductores de vehículos de transporte	4	Personas
Total	14	personas

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los aspectos denominados población de objetos comprenderá las siguientes fuentes de información:

Tabla 4. Cantidad de equipos involucrados en el proceso

Denominación	Unidades
Camiones utilizados para la recolección	06 Unidades
Capacidad promedio de los camiones	Toneladas
Antigüedad promedio de los camiones	Años
Tolva de carguío (Ore Bin)	Unidades
Fajas transportadoras	Unidades
Motores eléctricos	Unidades
Bombas hidráulicas	Unidades

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a los aspectos llamados de procesos que inciden en el mantenimiento de las maquinarias, comprenderá:

- Los controles de ingreso y salida de los camiones CAT 777
- Control del carguío de la tolva
- Control del nivel de tolva

Muestra de estudio

Siendo la población pequeña respecto al sistema de carguío que incluye los elementos anteriormente mencionados, se trabajará con el 100 % de la población (sujetos, objetos y procesos), por lo tanto, no se consigna muestra ni tampoco procedimiento de selección.

3.3 MÉTODOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Métodos de recolección de datos

El autor (TAFUR, 1995) expresa: “Los métodos de recolección de información o de “compilación de datos”, son procedimientos sistemáticos y estandarizados usados en la investigación para resolver sus problemas específicos. Ayudan al ejecutante a obtener medidas de variables y, de esa manera, pueden proporcionar evidencias empíricas de sus planteamientos, cumpliendo así con una exigencia científica”.

Considerando también el planteamiento de (Stephen, 1979), que sostiene: “De acuerdo a la localización de la información”, los datos estadísticos pueden ser clasificados en dos tipos: a) Datos internos de la organización y b) Datos externos.

El método de recopilar datos serán internos (dentro de la organización).

Comprenderá la observación directa de la documentación, los procesos y la información pertinente a la investigación.

Técnicas de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos que se emplearán para recolectar los datos son:

- Análisis documental
- Observación global de campo
- Ficha de observación

3.4 MÉTODOS Y TÉCNICAS DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

Analizar e interpretar supone búsqueda de sentido y grado de significado de los datos recolectados.

El análisis de datos se efectuará en base a una relación de causa-efecto o de contenido a forma

Esta es la etapa de razonamientos, de las deducciones, de la sistematización, combinación, fundamentalmente contrastación entre los planteamientos que están en los contenidos del diseño de investigación y la información recolectada.

Se aplicaron los métodos más generalmente usados en análisis estadístico simple, tales como porcentajes y proposiciones. También se utilizara las medidas de tendencia central.

Para la comprobación de las hipótesis se recurrirá a la prueba de hipótesis "t" de student.

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA MINSUR

4.1 EMPRESA MINSUR

MINSUR ha propuesto desarrollar el Proyecto minero aurífero Pucamarca, el cual se encuentra ubicado a aproximadamente 1 050 km al sureste de Lima y a 55 km al noreste de la ciudad de Tacna, en la región de Tacna. MINSUR ha venido desarrollando actividades de exploración y propone desarrollar una nueva mina de tajo abierto, la implementación de un depósito de desmonte y una pila de lixiviación. El procesamiento de la solución proveniente de la lixiviación se llevará a cabo en la nueva planta de beneficio.

Debido a que MINSUR está considerando explotar y procesar minerales en esta área, se necesita realizar el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Proyecto Pucamarca, el cual comprenderá las áreas del proyecto y las áreas de las instalaciones auxiliares, para su presentación y aprobación por la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros (DGAAM) del Ministerio de Energía y Minas

(MINEM). MINSUR ha elaborado el EIA en concordancia con el Decreto Supremo No 016-93-EM y el reglamento de participación ciudadana promulgado por la Resolución Ministerial 596-2002-EM/DM.

El EIA del Proyecto Pucamarca presenta la descripción de las condiciones ambientales existentes (ambientales y socioeconómicas) en el área del proyecto y en la región, la naturaleza y magnitud de los potenciales impactos ambientales y sociales, resultado de las actividades del proyecto y la efectividad de las medidas de manejo y monitoreo para mitigar los potenciales impactos.

Como parte del presente EIA, se desarrollaron investigaciones técnicas de muestreos y monitoreos in situ para así identificar y establecer la línea base de los componentes físicos (suelos, drenaje ácido, calidad del agua, calidad de sedimentos, entre otros), biológicos (fauna y vegetación), socio-económicos y culturales. La línea base de las condiciones ambientales existentes es la base sobre la cual los impactos potenciales indirectos y directos relacionados al proyecto son evaluados y, en base a esta evaluación, se elaboraron las medidas de mitigación y manejo. La información utilizada en la elaboración del presente reporte se obtuvo de diversas fuentes, incluyendo las investigaciones específicas en

el área del proyecto realizadas con anticipación, datos publicados sobre la región, informes de ingeniería de diseño del proyecto proporcionados por MINSUR, estudios específicos elaborados por consultores de MINSUR, y la experiencia de los investigadores de AMEC.

Visión

Generar valor transformando recursos minerales de manera sostenible.

Misión

Desarrollar y operar activos mineros de clase mundial, siendo un referente en términos de seguridad, eficiencia operacional, responsabilidad socio-ambiental y desarrollo de personas.

Estructura orgánica de la empresa minera

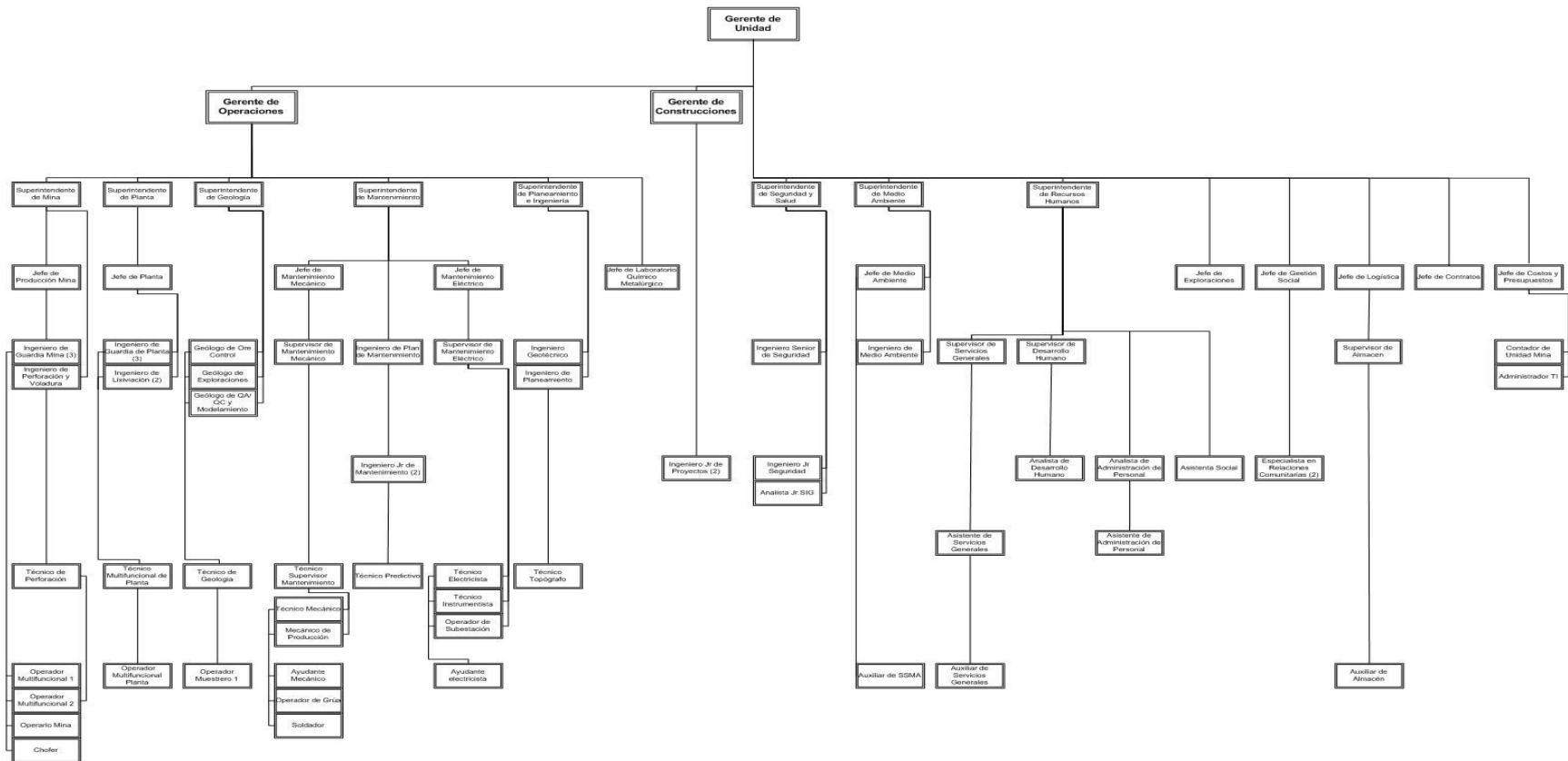


Figura 01. Organigrama de la empresa

Fuente: Empresa MINSUR

Filosofía de la empresa

Como filosofía propia la empresa Minsur se basa en las siguientes políticas:

a) Política de seguridad, salud, medio ambiente y responsabilidad social

Minsur S.A es una empresa minera peruana, líder de la división minera del Grupo BRECA y líder mundial en el mercado del estaño, dedicada a desarrollar actividades de exploración, explotación y beneficio de estaño, oro y otros minerales en el Perú y Brasil. La presente política reafirma su compromiso con la seguridad, Salud, Medio Ambiente y Responsabilidad Social (SSMARS) enunciando los siguientes compromisos transversales a SSMARS:

- Liderar con el ejemplo – en palabra y acción – promoviendo la SSMARS en todo lugar y cada momento.
- Cumplir con las obligaciones legales, acuerdos, y/o convenios suscritos con las entidades nacionales e internaciones, regionales, locales, grupos de interés de ser el caso; así como las políticas,

estándares, procedimientos, reglamentos y el Código Corporativo de Ética y Conducta de Minsur.

- Mejorar continuamente nuestro desempeño y sistema de gestión en SSMARS alineados a los requisitos establecidos en OHSAS 18001, ISO 14001 e ISO 26001, así como a las mejores prácticas de SSMARS de las empresas mineras de clase mundial.

Nuestros compromisos específicos que refuerzan los compromisos transversales de Seguridad, Salud, Medio Ambiente y Responsabilidad Social son:

a) Compromisos específicos de Seguridad y Salud

- Identificar los peligros, evaluar y controlar los riesgos de nuestras actividades y promover los comportamientos seguros a fin de erradicar los accidentes incapacitantes y/o enfermedades ocupacionales (cero accidentes).
- Asegurar la participación y promover la consulta de los trabajadores y sus representantes en temas relacionados a la gestión de seguridad y salud en el trabajo.

b) Compromisos específicos de medio ambiente

- Identificar, prevenir y/o mitigar los impactos ambientales relacionados a nuestras actividades durante todo el ciclo de

vida de nuestros proyectos y operaciones, gestionando de manera eficiente los recursos, insumos, productos, subproductos y residuos. Sensibilizar en las mejores prácticas en el cuidado del medio ambiente a nuestros colaboradores, socios estratégicos y grupos de interés.

c) Compromisos específicos de responsabilidad social

- Promover el dialogo transparente con los grupos de interés de nuestras áreas de influencia, respetando sus tradiciones y costumbres manteniendo una permanente relación de respeto mutuo y confianza.
- Contribuir al desarrollo sostenible de las comunidades de nuestras áreas de influencia siendo gestores y facilitadores de dicho desarrollo; Lima 15 de enero de 2014.

Política de calidad

Unidad minera Pucamarca, productora de minerales de oro y plata que funde en barras dore (oro y plata metálicos). Perteneciente a la empresa peruana Minsur S.A., declara su firme compromiso de producir con la mejor calidad, tanto en los procesos mineros metalúrgicos que realiza como en el producto final mismo, de forma que su cliente se sienta completamente satisfecho con nuestras entregas. Para ello, se obliga a cumplir los siguientes propósitos:

- En estricto cumplimiento de los requisitos y las mejores prácticas mineras e industriales del sector que demandaran nuestras operaciones y procesos lo que permiten la obtención de la barra dore producida asegurando la plena satisfacción de nuestro cliente.
- La mejora continua de nuestro desempeño en los procesos de gestión de calidad alineados a los requisitos establecidos en la norma ISO-9001. Los procesos de planificación, implementación, verificación, revisión y mantenimiento del sistema de gestión de calidad serán debidamente realizados, los que nos permitirán alcanzar altos niveles de eficiencia y eficacia en nuestras operaciones.
- Establecer y revisar operativamente los objetivos de calidad de nuestros procesos de forma que aseguremos la disponibilidad de recursos, materiales y humanos para alcanzar los objetivos de calidad planeados.
- Proporcionar la competencia necesaria a todos los trabajadores a través de la capacitación, entrenamiento u otras herramientas que garanticen un correcto desempeño en su puesto de trabajo. El empleo de los círculos de calidad será impulsado en toda la unidad; Tacna 15 de enero de 2014.

4.1.1 Descripción y ubicación de la Unidad Minera Pucamarca

La Unidad Minera Pucamarca se ubica aproximadamente a 1,050 km al SE de Lima y 55 km al NE de Tacna, capital del departamento del mismo nombre. El área pertenece a la comunidad de Vilavilani, distrito de Palca, provincia de Tacna. Las coordenadas aproximadas del centro del área son 414,000E y 8, 030,000N. El proyecto está ubicado cerca al hito 52 de la frontera peruano-chilena, al este del Cerro Checocollo, el cual forma el límite oriental del proyecto.

La ciudad de Tacna es accesible desde Lima por carretera (Panamericana Sur, distancia de 1 370 km) o por avión (vuelos diarios, 1,5 horas de viaje). El acceso al proyecto desde Tacna dura aproximadamente 2 horas 10 minutos. La vía de acceso al área del proyecto es por la carretera Tacna – Alto Perú, pasando el poblado de Palca (altura del kilómetro 53) y luego continúa siguiendo la misma ruta por el camino que va al río Azufre hasta el Paso Huaylillas Norte, desde donde se seguirá por el nuevo acceso hasta el proyecto. Este recorrido tiene una distancia total de 102 km.

4.2 EXPLOTACIÓN MINERA

El total de recursos explotables en Pucamarca se ha estimado en aproximadamente 34,24 Mt de mineral con una ley promedio de 0,72 g/t de oro y 6,97 g/t de plata, para un total de 787,000 oz de oro de las cuales 500,000 oz se calculan como extraíbles.

El recurso se encuentra distribuido en seis unidades litológicas:

- Brecha híbrida
- Tufo brecha
- Tufo fragmental
- Tufisita
- Brecha pórfido de cuarzo
- Volcánico Huillacollo

4.3 PROCESO DE PRODUCCIÓN

El mineral extraído del tajo abierto será lixiviado por cianuración en pilas y la solución rica lixiviada será procesada mediante procesos en planta para la obtención de barras de doré. Kappes Cassidy and

Associates (KCA, marzo de 2006) ha preparado el estudio de factibilidad para la mina Pucamarca, donde realizaron pruebas para definir los niveles de dosificación de cianuro y el tiempo de lixiviación, además obtuvieron los porcentajes de recuperación para cada una de las unidades litológicas presentes. Los criterios del diseño metalúrgico utilizados están relacionados con el tamaño del material a lixiviar, los resultados se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 5. Unidades litológicas presentes

Unidad Litológica	%Au@ 19mm	%Au@ 125mm	NaCN kg/t	Cal kg/t
Brecha Hibrida	67%	58%	0,16	0,4
Tufo Brecha	62%	60%	0,12	0,7
Tufo Fragmental	82%	80%	0,14	1,0
Tufisita	72%	70%	0,39	1,5
Brecha pórfido de Cuarzo	72%	68%	0,14	1,0
Volcánico Huilacollo	81%	71%	0,07	0,6
Promedio Aproximado proporcionado por Minsur	70%	65%	0,12	0,5

Fuente: EIA-MINSUR.

Asimismo, y luego de realizar las pruebas y ensayos respectivos, se llegó a porcentajes de recuperación que son resumidos en la siguiente tabla.

Tabla 6. Resumen de resultados de ensayos de lixiviación utilizando chancado de material a un tamaño < o > de 30 mm

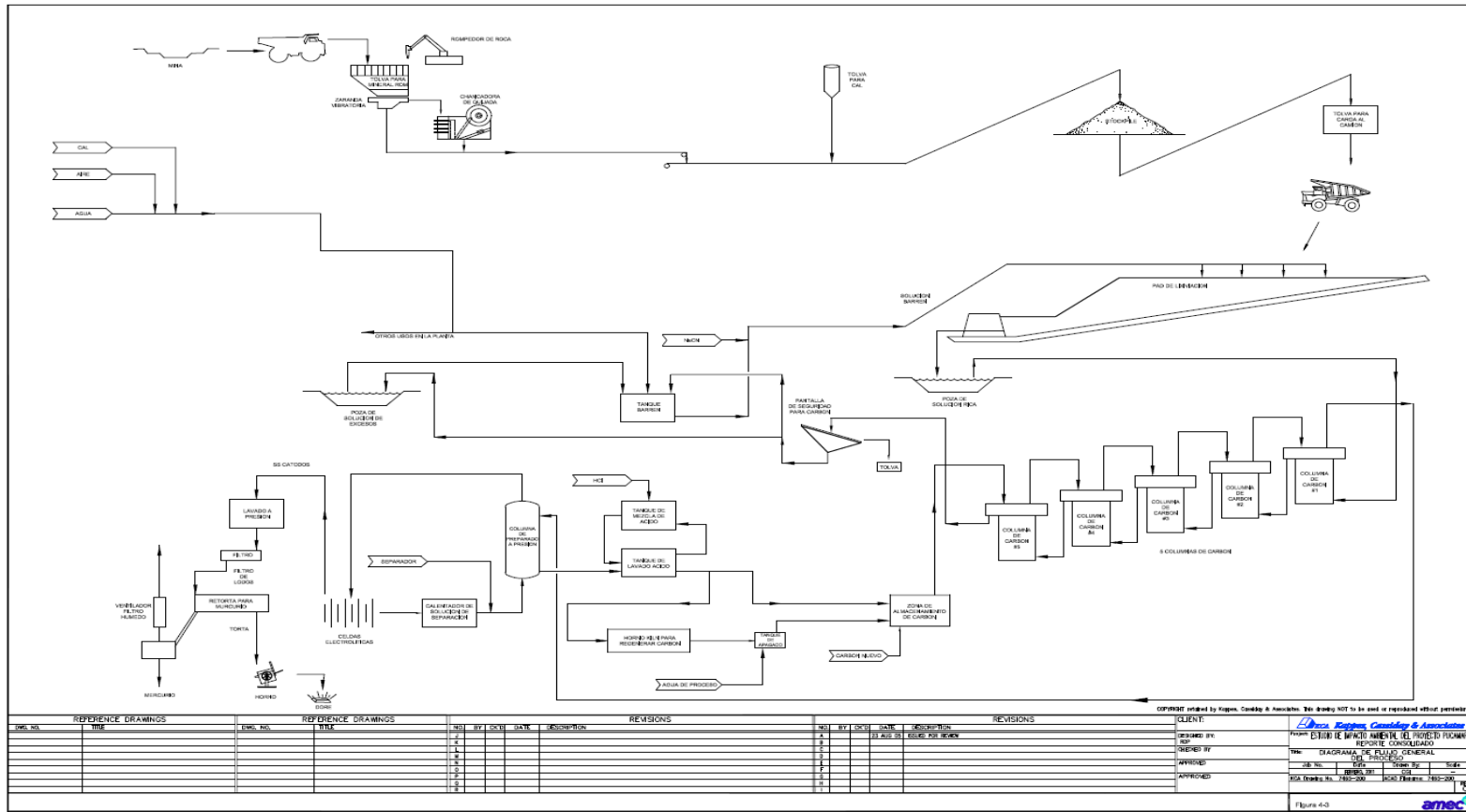
Tipo	Unidad Litológica	%Au,	Tamaño	%Au,	Tamaño
		<30mm	Promedio@<30mm	>30mm	Promedio@>30mm
1	Brecha Híbrida	69%	17 mm	68%	61 mm
2	Tufo Brecha	64%	15 mm	69%	196 mm
3	Tufo Fragmental	86%	9,5mm	NA	NA
4	Tufisita	48%	9,5mm	NA	NA
5	Brecha pórfido de Cuarzo	74%	14 mm	74%	96 mm
6	Volcánico Huilacollo	85%	9,5mm	NA	NA

Fuente: EIA-MINSUR.

Con estos resultados se pudo estimar tiempos de lixiviación y definir el flujograma de los procesos necesarios para la producción como se explica en las siguientes secciones.

Flujograma de procesos

El proceso diseñado para las operaciones de la mina Pucamarca considera una capacidad de tratamiento de 5 Mt año. El proceso general se detalla en el diagrama de flujo general del proceso en el siguiente flujograma.



REFERENCE DRAWINGS		REFERENCE DRAWINGS		REVISIONS			REVISIONS			CLIENT		
EMPL. NO.	TITULO	EMPL. NO.	TITULO	NO.	BY	DATE	DESCRIPCION	NO.	BY	DATE	DESCRIPCION	CLIENT
				1		13 JUL 03	ELABORACION	1				CLIENTE
				2				2				EMPRESA
				3				3				PROYECTO
				4				4				REPORTE
				5				5				CONSOLIDADO
				6				6				DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL
				7				7				DE NO. DE
				8				8				REVISOR
				9				9				REVISOR
				10				10				REVISOR

Figura 03. Flujo del proceso

Fuente: Empresa MINSUR

Instalaciones de procesamiento

Las instalaciones previstas para el procesamiento de minerales en la mina Pucamarca son las siguientes:

- Chancadora primaria y tolva de carga para la preparación del mineral a lixiviar.
- Pad de lixiviación
- Planta de Adsorción-Desorción para la recuperación del oro y plata lixiviados
- Refinería, donde se produce el metal doré
- Planta de Manejo y Almacenamiento de Reactivos
- Laboratorio y Taller de Mantenimiento
- Las instalaciones de planta se encuentran en un área aproximada de 1,25 ha y se encuentran interconectadas entre sí. La descripción de las instalaciones y sus procesos se presenta en las secciones siguientes. No se ha descrito aquellas instalaciones que son auxiliares al proceso, como laboratorios, edificios, generadores, etc.

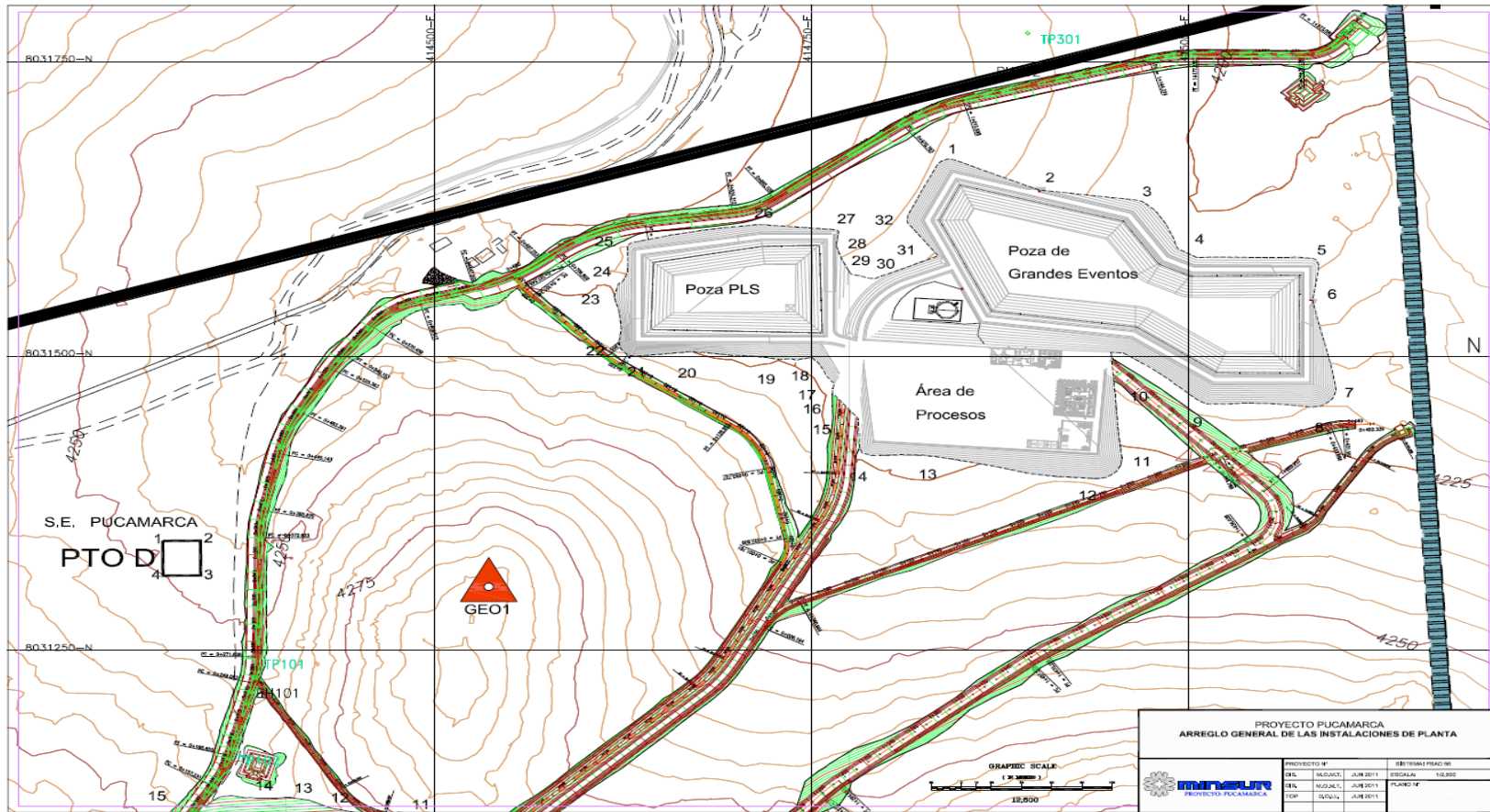


Figura 04. Arreglo general de las instalaciones de planta

Fuente: Empresa MINSUR

Preparación del mineral

Se deberá reducir el tamaño del mineral a lixiviar, para lo cual se la utilizará un sistema de chancado primario simple, para obtener un tamaño de mineral de 125 mm, tal como se ha previsto para la recuperación de oro.

El mineral chancado será transportado mediante fajas a una pila de almacenamiento para luego ser llevado mediante camiones hacia el Pad de lixiviación. Los siguientes componentes serán incluidos en el sistema de chancado:

- Tolva de 200 t (Ore bin) con un rompedor de roca hidráulico (Rock breaker).
- Chancadora primaria giratoria con alimentación a faja transportadora del material chancado.
- Alimentador de orugas Apron feeder que alimenta a la n° 01.
- Balanza para el material chancado.
- Sistema de apilamiento y transporte del mineral mediante fajas hacia una pila cónica de almacenamiento final con una capacidad de 25 000 ton.

- Sistema de recuperación y transporte del mineral apilado mediante tres fajas paralelas y una faja que lleva el mineral hacia una tolva.
- Balanza del mineral recuperado y transportado.
- Alimentador de cal de 100 t controlado por la balanza de mineral recuperado.

A continuación, se describe el sistema de chancado de mineral con capacidad de diseño de 1 100 t/h para el sistema de lixiviación con cianuro, con una capacidad nominal de 930 t/h. El material producto de la voladura alimentará a la chancadora.

El mineral a ser lixiviado será cargado mediante alimentadores desde una pila de almacenamiento de mineral a camiones que llevarán el mineral hacia el Pad de lixiviación. El material que pasa en la faja transportadora es pesado y llevado a un sistema de apilamiento y transporte con capacidad de 25 000 t.

Tres alimentadores paralelos conducen el material apilado mediante un sistema de recuperación que se ha diseñado para recoger el 25 % del almacenamiento por vez. El sistema descarga a una faja transportadora de 1 240 t secas/hora de capacidad de diseño, para llevar en promedio 1 030 t secas/hora. Para el control del pH, la cal será alimentada desde un

reservorio de 100 t de capacidad mediante un sistema automático, controlado por la balanza ubicada en la faja de transporte final, a donde será dosificada la cal. Se espera que el consumo de cal sea de 0,5 kg/t en promedio.

La faja de transporte del mineral está diseñada para alimentar a una tolva de 200 t de capacidad que alimentará a su vez a los camiones que llevarán el mineral hacia el Pad de lixiviación.

El sistema de transporte está diseñado de tal modo que si alguna faja falla, las demás fajas detienen su trabajo y comunican la falla al operario mediante sensores; del mismo modo, la reanudación del transporte se da en todo el sistema. Una cabina de control estará cerca al proceso controlando cada elemento del sistema mediante instrumentación y sensores automáticos. Es preciso mencionar que se han considerado medidas de manejo de las emisiones de polvos, tanto preventivas como de mitigación. Las medidas de manejo operacional estarán soportadas por tecnología e instrumentación que permitirán el éxito de las medidas propuestas.

Las características del sistema de aspersión considerado son las siguientes:

Sobre la tolva de la chancadora primaria (giratoria) es de esperarse generación de polvo durante el periodo más seco, especialmente al momento que los camiones descarguen el material sobre la tolva. En este caso, el Diámetro Medio de Volumen (DMV) en las gotas del rocío del sistema de aspersión (medidas en micras) deberá ser relativamente “grandes” para humectar y arrastrar el polvo hacia el cono de la chancadora.

La cobertura del sistema de aspersión sobre tolva es total y considera seis módulos, con 8 aspersores por módulo. Estos aspersores son regulables para ajustar el “tamaño” de las gotas del rocío considerando diferencias entre temporada seco y húmeda. Igualmente el sistema permite seleccionar el número de aspersores a utilizar en función a las características de la operación.

Bajo la consideración que un porcentaje del material chancado puede pasar a formar material en partículas (polvo), se aplicó el concepto de que el sistema puede aplicar capas de agua, con el objetivo de aportar los milímetros de agua necesarios al polvo como para incrementar su

humedad en un punto porcentual (1%), y permitir de esta manera su arrastre y supresión. Asimismo, el operador tiene la posibilidad de controlar el momento de la aspersion, activando el sistema durante la descarga de material por ejemplo, previniendo el uso innecesario de agua cuando no se efectúe el chancado de material.

Después de la trituración, en la descarga del Apron feeder (alimentador de orugas) y en cada punto de transferencia de la faja transportadora, incluido el punto de descarga para formar la pila de mineral se aplicará el sistema de aspersion. El operador tendrá la opción de balancear los puntos de aspersion de acuerdo a los periodos húmedos o secos del año.

Las fajas transportadoras tienen cobertura hasta unos metros después de los puntos de descarga (puntos donde se produce la emisión de polvo), con el objetivo de dar tiempo a la supresión del polvo mediante los aspersores.

El diagrama de flujo de la etapa de chancado se muestra en la figura 13.

Lixiviación y manejo de solución

Estimación de la recuperación de oro en la lixiviación La determinación del porcentaje de recuperación para un tamaño de material menor a 125 mm está basada en los ensayos realizados para diferentes tamaños, como se ha mostrado, de acuerdo al estudio de factibilidad. A continuación se resume los porcentajes determinados para cada unidad presente:

Brecha híbrida: se tiene suficientes datos de la presente unidad para determinar el porcentaje de recuperación de oro para un tamaño de material de 125 mm. En base a los resultados obtenidos se buscó ajustar una curva que tenga un buen coeficiente de correlación y se determinó la siguiente ecuación de ajuste:

$$\% \text{ Au Rec} = 0,7747 e^{-0,0021 (p80)}$$

Donde:

% Au Rec = Porcentaje de recuperación de oro

P80 = Tamaño del material

La recuperación estimada para la brecha híbrida utilizando esta fórmula, con un tamaño de material de 125 mm es de 60 %.

Tufo brecha: En esta unidad la tendencia es hacia un incremento de la recuperación con el incremento del tamaño de material, así, a un tamaño de material de 15 mm se tuvo una recuperación de 64 % y cuando el tamaño se incrementa a 196 mm se obtuvo 69 %.

Tufo fragmental: los ensayos en ésta unidad solo se efectuaron para un tamaño de material de 9,5 mm. Se espera que el material de tufo brecha y de tufo fragmental se comporte de forma similar con respecto a la relación del tamaño de material necesario en la lixiviación y la recuperación de oro. Esto llevó a una estimación de recuperación de oro de 80 % para un tamaño de material de 125 mm.

Tufisita: se utilizó la misma lógica para este material que para el tufo fragmental, estimando, para un tamaño de material de 125 mm, un porcentaje de recuperación de oro en el proceso de lixiviación de 70 %.

Brecha pórfido: los resultados de las pruebas muestran que para un tamaño de material de 14 mm se tiene un porcentaje de recuperación de

74 % y para un tamaño de material de 96 mm se obtiene también una recuperación de 74 %.

Proceso de recuperación del oro

Adsorción

El proceso de adsorción se llevará a cabo en la Planta ADR y consiste en un tren de 5 columnas de adsorción de carbón activado de tipo cascada, cada columna tendrá dimensiones nominales de 3,75 m de diámetro y 3,8 m de altura, con una capacidad de 6 t de carbón activado, diseñados para recibir un flujo máximo de solución de 860 m³/h. Las columnas de adsorción han sido diseñadas para asegurar que la cama de carbón activado sea suficiente y para permitir el adecuado contacto de la solución con el adsorbente en cada columna, teniendo la mayor recuperación posible.

La solución rica será bombeada directamente al circuito de adsorción usando dos bombas sumergibles instaladas en la poza PLS. Se agregará al bombeo un agente que prevenga la formación de escamas o costras, las cuales reducen la eficiencia de adsorción del carbón. La solución pobre que sale de la última columna en cada pasada fluirá por

una pantalla vibratoria que separará cualquier resto de carbón que se haya suspendido en la solución.

Un medidor magnético de flujo equipado con un totalizador que será instalado en la alimentación y salida del tren de adsorción registrará el caudal de la solución permanentemente.

La adsorción de oro y plata de la solución rica lixiviada será un proceso continuo. Periódicamente, el carbón contenido en la primera columna del tren se verá colmado de oro y plata llevándose al circuito de desorción, esta será la primera columna de elusión.

Desorción

El diseño de los procesos metalúrgicos de Pucamarca incluye un proceso de desorción cáustica con cal caliente. Este tipo de proceso requiere un tiempo de 24 horas para completar el ciclo, por esta razón cada sistema batch de separación ha sido dimensionado para fluir o recuperar el oro de 6 toneladas de carbón. Cada ciclo de desorción requerirá transferir esa cantidad de carbón a la vasija de separación de donde se retirará oro y plata en una nueva solución rica. Durante el ciclo de elusión, el oro y plata son continuamente extraídos mediante métodos

electrostáticos de la nueva solución rica. Un ciclo completo de desorción requiere un tiempo de 16 horas aproximadamente.

Esta sección de la planta contempla los siguientes componentes:

- Vasija a presión con capacidad para contener 6 t de carbón, de acero inoxidable y aislada
- Caldero eléctrico (1 200 kW) con 4,0 M de BTU/h de salida, para agua caliente.
- Tres intercambiadores de calor: uno primario, un recuperador de calor y un enfriador
- Tanque de almacenamiento aislado para elusión con capacidad para 8 m³.
- Un sistema de bombeo de solución elusionada, dimensionado para 25 m³/h.

La solución, que contiene hidróxido de sodio y cianuro de sodio es bombeada hacia los intercambiadores de calor e introducida a una vasija de elusión a una temperatura de 408K (135°C), con una presión nominal de operación de 340 kPa (50 psi) aproximadamente. En la separación final, el contenido de oro y plata en el carbón es menor de 160 g/t. Luego de la desorción, el carbón es transferido a un sistema de lavado ácido,

para ser llevado finalmente a un tanque de almacenamiento o a regeneración termal.

Regeneración y manejo de carbón

El sistema de manejo y manipulación de carbón incluye los equipos para transferir, reponer y agregar o retirar carbón. Este equipo se encuentra en la planta de recuperación.

La regeneración del carbón es de dos tipos, el lavado ácido y la regeneración termal. El lavado ácido consiste en hacer circular una solución de ácido clorhídrico a través de una cama de carbón para remover las escamas o costras que pudieron formarse durante la desorción y se efectúa comúnmente inmediatamente después del proceso de desorción. La regeneración termal consiste en secar el carbón y calentarlo a aproximadamente 1023K (750°C) por 10 minutos.

El circuito de lavado ácido incluirá los siguientes componentes:

- Una columna de fibra de vidrio para lavado ácido de 6 toneladas de capacidad
- Tanque de mezcla ácida de fibra o polipropileno
- Una bomba de circulación ácida con capacidad para 22 m³/h

- Un medidor de bombeo ácido
- Una bomba de transferencia de carbón hacia el lavado ácido.

REFINERÍA

Electrodeposición

El circuito de electrodeposición, ubicado en la zona de refinación es operado en serie con el circuito de elusión. La solución es bombeada continuamente para separar el oro y la plata en las celdas de electrodeposición, y luego es enviada al tanque de solución pobre.

El sistema de electrodeposición incluye los siguientes componentes:

- o Tres celdas electrolíticas de 1,27 m³ conteniendo cátodos de lana de acero inoxidable y ánodos de acero inoxidable.
- o Un sistema de abastecimiento de energía a DC, de 0 a 6 voltios y de 0 a 3,000 A.
- o Un sistema de venteo de celdas electrolíticas simple con ventiladores.

El oro y plata de la elusión es atrapado por las celdas de electrodeposición utilizando lana catódica de acero inoxidable a una intensidad

de corriente de 50 amperios por m² de superficie aniónica. La soda cáustica actúa como electrolito que permite el flujo libre de electrones y promueve la deposición del oro y la plata fuera de la solución.

Fundición

El proceso de fundición para la producción de barras de doré estará ubicado en la refinería y está conformado por sistemas de lavado catódico, filtración de lodos, secado de lodos con recuperación de mercurio, horno de crisol inclinado, sistema de extracción de gases y filtro húmedo, transporte de escoria, procesamiento de escoria y proceso de moldeado. La refinería incluirá los siguientes componentes:

- Sistema de lavado catódico
- Sistema de filtrado de lodos
- Una retorta eléctrica de mercurio con condensadores duales, sistema de depuración y bomba de vacío.
- Horno de inducción eléctrica de latón rojo, con capacidad de 1 t
- Horno de fundición con extractor de gases
- Sistema de depuración del gas de salida del horno de fundición
- Trituradora de escoria
- Concentrador gravimétrico de escoria.

4.4 TRANSPORTE Y CARGUÍO DE MINERAL

El carguío y el transporte constituyen las acciones que definen la principal operación en una faena minera. Estos son responsables del movimiento del mineral o estéril que ha sido fragmentado en un proceso de tronadura.

El carguío y sus funciones

El carguío consiste en la carga de material mineralizado del yacimiento para conducirlo a los posibles destinos, ya sea el chancado, stock de mineral o botaderos de estéril.

Procedimiento

La operación de carguío involucra el desarrollo de una serie de funciones que aseguran que el proceso se lleve a cabo con normalidad y eficiencia.

- Planificación de la mina
- Esta etapa del proceso de la explotación minera se ocupa de definir los sectores de carga, las direcciones de carguío y el destino de los materiales de acuerdo con leyes de clasificación y tonelajes definidas previamente.

- Operación de la mina
- La operación es la función que se responsabiliza del manejo y organización de los equipos de carga en la mina, así como de supervisar el entorno, especialmente en lo referido a frentes de carga, posición de equipos de carguío y nivel de pisos.
- Jefe de operaciones: La operación minera está a cargo de un jefe de operaciones, quien asigna los equipos y operadores en los turnos respectivos. En faenas a gran escala es apoyado por un sistema de despacho (dispatch), que controla de una forma global la producción, complementado por un proceso de optimización continua a través de sistemas computacionales interconectados, presentes en todos los equipos.

Operador del equipo de carguío: Es la persona que está directamente a cargo de la operación de carga de su equipo. Además, es responsable de definir la posición de los camiones para la carga y de evitar que la carga caiga en forma brusca sobre la tolva del camión, lo que puede dañar el equipo de transporte y/o al operador de este.

- Topografía: Mediante esta función se definen las diferentes zonas de trabajo, en cuanto a control del nivel de pisos y frentes de carguío.

Asimismo, el equipo de topografía es responsable de marcar y/o validar las zonas mineralizadas para su posterior destino, tanto por medio de conexión radial como por envío de datos hacia los sistemas de despacho (dispatch).

- Equipos auxiliares: los equipos auxiliares se encargan de mantener en buen estado las zonas de carguío y transporte, especialmente el nivel de pisos, de acuerdo con instrucciones del Jefe de operaciones y/o el operador del equipo de carguío. Por lo tanto, la interacción con estos responsables es permanente, no sólo para la correcta operación de carguío, sino también para vigilar y evaluar la presencia de elementos del entorno, como cables eléctricos de la pala y sistemas de "pasacable".

El transporte y sus funciones

El transporte consiste en el traslado de material mineralizado y/o estéril desde el yacimiento hacia los posibles destinos, ya sea el chancado, stock de mineral o botaderos de estéril.

Las funciones involucradas en el proceso de transporte son las siguientes:

- Planificación de la mina, está a cargo de la definición de las rutas de transporte y del destino de los materiales de acuerdo con leyes de clasificación y tonelajes definidas previamente.
- Operación de la mina, función responsable de los equipos de transporte en la mina, así como de supervisar el entorno relacionado con la operación, ya sea en el sector de carga, en la ruta y/o en las zonas de descarga. La operación minera está a cargo de:

Un jefe de operaciones, quien asigna equipos y operadores en los turnos respectivos. En faenas a gran escala es apoyado por un sistema de despacho (dispatch), que controla de una forma global la producción, complementado por un proceso de optimización continua a través de sistemas computacionales interconectados, presentes en todos los equipos.

Operador del equipo de transporte, quien está directamente a cargo de la operación de transporte y de su equipo, el cual debe revisar siempre antes y después de la jornada de trabajo (turno).

Cargadores frontales:

Los cargadores frontales son equipos capacitados para realizar labores de carga de camiones, vagones o tolvas; carga y transporte para distancias cortas, ya sea a una chancadora o al stock pile, y constituye

una máquina auxiliar y/o de empuje en labores de limpieza o preparación de rampas.

Equipo pesado que se utiliza en las operaciones de la Unidad minera

Pucamarca

EQUIPOS		UNIDAD
Cargador frontal	CAT - 993K.	2
Camión minero	CAT – 777F.	6
Camión Cisterna	CAT – 777F.	1
Tractor a orugas	CAT – D8	2
Tractor de ruedas	CAT – 834H	1
Motoniveladora	CAT – 14M.	1
Perforadora	ATLAS COPPCO – D45	1
Excavadora	CAT – 320.	1
Retroexcavadora	CAT – 420.	1
Rodillo	CAT - cs533e	1

Transporte de mineral

Los sistemas más comunes de transporte de mineral en una planta son las fajas, alcanzo algunas generalidades:

Fajas transportadoras

Es un sistema compuesto por una faja continua que pasa sobre dos poleas, una denominada de cabeza y la otra de cola. Todo el sistema esta soportado en bastidor de fierro con polines guías: de retorno y de

avance, que están convenientemente separados. La descarga del mineral es por la polea de cabeza. Pueden ser horizontales o inclinadas dependiendo del servicio que presten.

Material de la faja

Las fajas pueden ser de lana y jebe en varios pliegues, algunas veces entre pliegue llevan un alma de acero. La duración de la faja depende tanto del material como del cuidado de operación. En general una faja de menor longitud dura más que una larga.

Polines

Son rodillos sobre los cuales se apoya la faja, generalmente los de mejor calidad tienen una superficie recubierta de lana. Son de tres tipos.

Polines de avance

Polines de retorno

Polines guía

Poleas

Son cilindros que transmiten el movimiento de la faja. Está conformado por dos: el de cabeza y el de la cola, El diámetro de ambas poleas es igual. La recomendación indica que el diámetro será entre 18 a

24 pulg (0,457 a 0,60 mt) si la longitud de faja es entre 100 a 200 pies (30,04 a 60,9 mt); y de 30 a 36 pulg (0,76 a 1,52 mt) para fajas de mayor longitud. La longitud del cilindro de la polea debe medir dos pulgadas más que el ancho de la faja.

Ancho de fajas transportadoras

El ancho mínimo es de 14 pulg (0,35 mt), y el sistema de cargas no debe ser mayor a $\frac{2}{3}$ del ancho de la faja, el ancho máximo en el mercado es 60 pulg (1,52 mt).

Tabla 7. Resumen para un criterio aproximado respecto del ancho de faja

ANCHO DE FAJA (pulgadas)	CAPACIDAD Toneladas / hora (100 pies/minutos)	TAMAÑO DE PARTÍCULAS (pulgadas)
12	3 a 17	2,0
14	3 a 29	2,5
16	16 a 53	3,0
18	22 a 92	4,0
24	14 a 142	8,0
30	17 a 200	14,0
36	80 a 290	18,0
48	157 a 450	24,0
60	240 a 293	30,0

Fuente: Elaboración propia.

Capacidad de la faja transportadora

La capacidad de una faja transportadora depende de su ancho, su velocidad, inclinación, tamaño de partícula, peso específico y el ángulo de reposo del material a transportar. Una relación muy aproximada para determinar el ancho necesario, está relacionada a la capacidad requerida:

$$V = KW^2$$

Donde:

V = Pies cúbicos/hora alimentados a 100 pies/minutos

W = Ancho de faja en pulgadas

K = Constante 3,14 para faja de 14", 4,11 para 60"

Velocidad de la faja transportadora

Depende del tamaño de la partícula, el ancho de faja y pendiente de inclinación, pero existe un criterio de velocidad límite.

Las velocidades mínimas recomendadas son entre 100 a 150 pies (30,4 a 45,7 mt); por minuto, la máxima es 400 pies (121,9 mt), por minutos, no es muy recomendable por la menor duración de los polines.

Stock pile y faja N° 03

El stock pile es un almacenamiento de mineral con una capacidad de 49 000 T, el mineral pasa hacia la faja transportadora N° 03 por medio de 3 alimentadores vibratorios para que de esta manera sea transportado hacia la tolva de almacenamiento (ORE BIN). El mineral acumulado en la tolva de almacenamiento será descargado a los camiones CAT-777 por medio de dos compuertas que se encuentran en la parte superior, estos

camiones transportaran el mineral de la zona de reclamo hacia el Pad de Lixiviación para su posterior proceso.

En la faja transportadora N° 03 se encuentra ubicados los dos silos de cal que dosifican este reactivo al mineral por medio de tornillos alimentadores para asegurar un PH adecuado en su proceso posterior de lixiviación.

4.5 DESCRIPCIÓN DE LA TOLVA DE CARGUÍO (ORE BIN)

La tolva de carguío (Ore Bin), se explicará y detallará en el siguiente capítulo junto a su operación.



Figura 06. Tolva de mineral

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CARGUÍO DE MINERAL (ORE BIN) DE LA UNIDAD MINERA PUCAMARCA.

Equipos y tolva de carguío (Ore Bin)

La tolva de carguío y circuito (Ore Bin), inicia desde el momento en que bajo el stock pile que almacena 49 000 toneladas de mineral chancado. Los alimentadores vibratorios descargan en la faja transportadora n° 03 sobre tierra el mineral chancado, que es transportado a la tolva acumuladora (ore bin) y al sistema de carga de camiones. Esta faja transportadora tiene 1,22 m de ancho por 113 m de largo y atraviesa una pendiente, antes de llegar a la tolva de 200 toneladas de capacidad.



Figura 07. Compuertas hidráulicas

Fuente: Elaboración propia



Figura 08. Faja transportadora

Fuente: Elaboración propia

La faja transportadora sobre tierra comienza a una altura de 4300 m.s.n.m, la faja transportadora tiene una inclinación de 15 grados durante un tramo de 40 metros. La correa está completamente cubierta para protegerla de la lluvia y del viento.

En su recorrido pasa por un sistema de dosificación de cal, que se encuentra a mitad de todo su recorrido, este sistema de dosificación cuenta con 3 equipos que trabajan conjuntamente y son:

- Fluidizador de cal.
- Válvula rotativa.
- Tornillo alimentador.

Este último es el que finalmente dosifica de cal el mineral haciéndolo caer por la parte superior de la faja en curso.



Figura 09. Silos de cal

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra el grafico el sistema de dosificación de cal.



Figura 10. Fluidizador de cal y válvula rotativa

Fuente: Elaboración propia.



Figura 11. Tornillo alimentador

Fuente: Elaboración propia

Al finalizar el circuito la faja transportadora n° 03, descarga su flujo de mineral chancado sobre el acumulador de mineral (tolva). Este acumulador tiene una capacidad de 200 toneladas (vivas) y descarga mineral a través de dos compuertas de arco operadas por un sistema hidráulico, sobre camiones de transporte de mineral CAT – 777 de 90 toneladas de capacidad para su traslado a las pilas de lixiviación.

En la cabina de operación del sistema de carguío, se encuentran los motores eléctricos y bombas n° 1 y 2, las cuales son las que dan la fuerza con la se procede a abrir y cerrar cada una de las compuertas que cargan al camión CAT – 777, las cuales se operan manualmente desde

un tablero eléctrico de fuerza y control para la operación de la Unidad Hidráulica y Compuertas.

Tablero eléctrico de fuerza y control

El tablero eléctrico de fuerza y control suministrado es un gabinete metálico de 800 mm de ancho, 1000 mm de alto y 300 mm de fondo, con frisa de jebe en el marco interior de la puerta; tipo hermético con grado de protección IP65 (NEMA 4), marca HIMEL y contendrá en su interior al arrancador eléctrico y elementos de maniobra eléctrica de control, para el encendido y accionamiento de las bombas hidráulicas de la Unidad de Presión y de la Compuerta.

El gabinete tendrá en la parte frontal (en la puerta) los pulsadores rasantes de contacto momentáneo, lámparas de señalización, selectores de mando, y el pulsador de cierre de emergencia tipo Hongo con retención mecánica.

El tablero eléctrico de fuerza y control, controlará y accionará la bomba hidráulica y la compuerta; y mantendrá la presión en los tanques acumuladores de la Unidad de Presión Hidráulica.



Figura 12. Tablero eléctrico de control

Fuente: Elaboración propia



Figura 13. Bombas Hidráulicas

Fuente: Elaboración propia

Bombas hidráulicas nº 1 y 2

Aparte se tiene un sistema de emergencia en caso de que el sistema operativo llegue a fallar y se queden abiertas las compuertas por algún motivo y no se puedan cerrar desde el tablero eléctrico de fuerza y control, (se vaya la energía, se active la parada de emergencia, o se bloquee el sistema).

Se cuenta con dos acumuladores de nitrógeno uno para cada compuerta, que al igual que las compuertas hidráulicas se operan manualmente abriendo su válvula de paso y presionando con una aguja de metal la válvula solenoide de la bomba, que da paso al nitrógeno comprimido procediendo a cerrar de inmediato tanto la compuerta 1, como para la compuerta 2 de manera independiente, en caso se de los sucesos antes mencionados.

Criterios y parámetros técnicos para la selección de los equipos del sistema hidráulico

Los criterios técnicos considerados para la selección de equipos y materiales, han sido tomados según las indicaciones prescritas en el CNE

(Código Nacional de Electricidad) y los datos obtenidos del cálculo hidráulico, de donde tenemos lo siguiente:

- Tensión de Alimentación Motriz = 460 V, 60 Hz
trifásica
- Caída de tensión máxima admisible para alimentación de motor
= 3 %
- Caída de tensión máxima admisible para alimentación de motor
= 13,8 V
- Tensión de sistema de control = 110 VAC

Igualmente para los cálculos y selección de equipos, se han realizado considerando las condiciones climáticas, condiciones de trabajo y operación de la zona.

- Temperatura mínima 248K (-25° C)
- Temperatura máxima 298K (25° C)
- Zona húmeda con polvo de concentrado
- Altura de operación. 4500 m.s.n.m.

Equipamiento:

- Tablero eléctrico de fuerza y control. 1 Unid.
- Unidad hidráulica de presión; formada por:
Tanque de aceite hidráulico de 100 L. 2 unid.

Acumulador, formado por dos botellas	1 Cito.
Cilindros Hidráulicos de 1,05 mt (recorrido máx.)	2 unid.
- Compuerta tipo arco de estructura metálica	2 Unid.

Además también se cuenta con los siguientes equipos:

También se cuenta con una balanza instalada en medio del túnel, en la estructura de la faja nº 03 que nos indica el flujo promedio de mineral que pasa por hora y los tonelajes de guardia (12 horas de trabajo) y acumulado del mes. En frente cuenta con un panel visor donde se aprecia estos datos.

Además, se cuenta con un sistema de supresión de polvo para controlar el polvo en el área de carga, está ubicado en el chute de descarga de la faja hacia la tolva.

Tenemos un compresor de aire marca Atlas Copco similar al ubicado en la chancadora primaria que se encuentra a lado de los silos de cal.

Los camiones de la mina que se usan para transportar mineral chancado desde el acumulador de mineral (tolva), al área de lixiviación en pilas (PAD de lix).

Los semáforos que se usan para indicar a los conductores a ubicar sus camiones bajo las dos compuertas en arco al fondo del acumulador para luego iniciar su carguío.



Figura 14. Zona de carguío, Tolva de Mineral (ORE BIN)

Fuente: Elaboración propia

5.2 OPERACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE CARGUÍO CON LA TOLVA (ORE BIN)

La operación del sistema de carguío actualmente se realiza de la siguiente manera:

El funcionamiento es controlado por un primer operador ubicado en la cabina de control del Ore Bin, asistido por un segundo operador, el que realiza la función de vigilancia y arranque de los equipos en el campo.

Se realiza una inspección general del circuito de carguío ORE BIN verificando que no haya ningún personal no autorizado en el área ni alguna obstrucción para el arranque de los equipos.

Primero el circuito se inicia arrancando la faja nº 03, que lo realizamos desde un panel wiew que se encuentra en campo a la mitad de la faja en su lado derecho(A), cuando este falla se inicia de manera local en el tablero selector que se encuentra a lado del motor y aun costado de la polea de cabeza poniendo el selector en modo local y pulsando el botón rojo de arranque.

Enseguida se da arranque a los alimentadores vibratorios, primero accionando los seccionadores de cada uno de los 3 alimentadores (a, b, c) que se encuentran al interior del túnel. Luego nos acercamos nuevamente al panel wiew y le damos el porcentaje de vibración respectivamente.

Por último procedemos a dar arranque al circuito de dosificación de cal que consta de 3 equipos independientes.

Se puede dar arranque de 2 formas tanto de un tablero manual colocando el selector en modo local (usado frecuentemente), y también en el panel wiew cuando el selector del mismo tablero se encuentra en modo remoto. Entonces iniciamos el arranque del circuito se de la siguiente manera, modo local por el operador de campo:

Tornillo Alimentador: nos ubicamos en el tablero manual y procedemos a poner el selector en modo local verificamos que este energizado la lámpara led y que no esté presionado el botón de parada de emergencia para luego presionar el botón de arranque y empiece a girar el equipo.

Válvula Rotativa: de igual manera que arrancamos el tornillo alimentador. Verificamos que el selector se encuentre en local y este energizado la lámpara led, estando el botón de parada de emergencia libre, enseguida presionamos el botón de arranque y verificamos que este rotando en sentido horario.

Fluidizador de Cal: de igual forma que los anteriores equipos nos posicionamos en el tablero, Verificamos que el selector se encuentre en local y este energizado la lámpara led, estando el botón de parada de

emergencia libre, enseguida presionamos el botón de arranque y verificamos que el equipo esté en funcionamiento (Vibrando).

Por último, se coloca el selector de mando en remoto, de esta manera se dosificará cal solo cuando haya flujo de mineral sobre la faja.

Después de haber arrancado todos los equipos del circuito ORE BIN y se encuentre el flujo de mineral por la faja con toda normalidad, pasamos a la segunda parte de la operación que se da por el operador de la cabina cuando, el operador de campo Se comunica con el primer operador informándole de la operatividad de los transportadores, a fin de iniciar la operación de la línea, proceder a cargar los camiones del mineral chancado y dosificado de cal.

Este proceso se da de la siguiente manera:

El operador de la cabina primeramente verifica que este energizado el tablero eléctrico, observando que los pulsadores tanto de parada o sea listo para el arranque, la lámpara roja debe este encendida, para luego al arrancar el motor la lámpara verde debe encenderse. Comprobado lo antes mencionado iniciamos el carguío.

Manualmente se pone el selector del semáforo en verde para así darle pase al camión e ingrese a la plataforma de carguío, de no estar correctamente posicionado se le comunica por radio que retroceda y vuelva a ingresar de manera correcta a fin de iniciar el carguío y evitar derrames de mineral.

Cuando el camión está en posición, el operador de forma manual desde el tablero presiona el pulsador de abrir inmediatamente proceden abrirse las compuertas que se da en un tiempo de 10 segundos, entonces comienza a cargarse el camión, a medida que se va llenando la parte delantera de la tolva del camión mediante el semáforo se le indica al camión que vaya avanzando a fin de tener un carguío uniforme y se llegue al tonelaje de carga requerido (90 a 95 ton).

Cuando el camión está cargado, el operador del camión informa al operador de cabina mediante su radio que cierra las compuertas para poder salir de la zona de carguío. Enseguida el operador de cabina procede a cerrar las compuertas hidráulicas e indica al conductor mediante el semáforo que también tiene su selector en el tablero manual que salga cambiando su luz indicadora a verde, posteriormente al semáforo de ingreso a la zona de carguío lo coloca en verde para que así el siguiente camión avance a la posición de carguío.

Nota: cuando el mineral no tiene peso.

Para esto se tiene una comunicación efectiva con el operador del camión, ya que él nos informa si ya se llegó a la carga total o falta más mineral para llegar al tonelaje, este último en caso de que el mineral no tenga peso y a simple vista notemos que el camión se encuentra completamente cargado el operador procede a llenar los espacios vacíos que aun haya en la tolva del camión. Si no los hay solo indicarle que salga de la zona carguío y darle pase al siguiente camión.

5.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

Objetivos del Sistema de Automatización en la Tolva de carguío Ore Bin:

- Reducir las fallas, tiempos muertos por paradas del circuito
- Incrementar la disponibilidad de los equipos en el circuito Ore Bin
- Mejorar la utilización de los recursos materiales y humanos
- Proporcionar mayor confiabilidad en el funcionamiento del circuito

- Obtener mayor producción de mineral chancado (tonelaje puesto en pad)
- Contribuir con la optimización del circuito Ore Bin

Diseño del sistema de automatización del circuito Ore Bin

Para el presente diseño del sistema de automatización del circuito Ore bin, se ha seguido el esquema inicial de todos los equipos del circuito, que se tiene desde su elaboración como proyecto y comisionamiento del área de chancado antes del arranque de operaciones. (Tiene como base los planos mecánicos, eléctricos y de comunicación lógica de los equipos en el circuito); la experiencia técnica de técnicos mecánicos, eléctricos e instrumentistas (comunicaciones lógicas PLC), todos colaboradores del área.

Para iniciar el diseño de automatización del circuito, de acuerdo a la información real del estado del circuito y sus equipos, tomando en cuenta dichos aspectos comenzamos nuestro proyecto de la siguiente manera:

5.3.1 Cuadro de actividades a realizar:

A continuación, se ofrece las actividades por cumplir.

CONTROL AUTOMATIZACION DE CARGUIO DE CAMIONES																				
ITEM	ACTIVIDADES HA REALIZAR	RESPONSABLE CAMPO	HORAS	PERSONAS	H.H. TOTAL	FECHA EJECUCION										TECSUP	TECELE	TECINST	TECMEC	OPESUB
						RECURSOS HUMANOS														
						07/05/2014	08/05/2014	09/05/2014	10/05/2014	11/05/2014	12/05/2014	13/05/2014	14/05/2014	15/05/2014	16/05/2014					
1	Armado de filosofia control automatico		10.5	3	32	X	X	X	X	X								X	X	X
2	Inspección y verificación de cableados existentes y tuberías		10.5	4	42	X	X	X	X	X								X	X	X
3	Entubado de tubería conduit y cableado sensores posición		10.5	4	42					X	X							X	X	X
4	Entubado de tubería conduit de tablero PLC a tablero unidad hidráulica		10.5	3	32						X							X	X	X
	Entubado de tubería conduit y cableado sensor de nivel ultrasónico		10.5	3	32						X							X	X	X
5	Cableado tablero PLC a tablero unidad hidráulica		10.5	3	32							X						X	X	X
6	Conexión de elementos de control y actuadores campo/ PLC		10.5	3	32								X					X	X	X
7	Armado de tablero control principal de PLC Micrologix		10.5	2	21								X					X	X	
8	Desarrollo del programa de control PLC.		10.5	2	21					X	X	X						X	X	
	Pruebas de funcionamiento pre puesta en servicio		10.5	2	21									X				X	X	
	Pruebas de funcionamiento puesta en servicio		10.5	2	21									X				X	X	
			H.H.TOTAL		326															

Figura 15. Cronograma de actividades

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2 Materiales necesarios (solicitar reserva almacén):

Entre los equipos y materiales a utilizar en este proyecto se ha considerado los siguientes tanto electromecánicos y de instrumentación (sensores).

Material electromecánicos: Como se muestra en la siguiente figura.

MATERIALES NECESARIOS (SOLICITAR RESERVA ALMACEN)			
ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	CATALOGO REFERENCIA
	1	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO MINIATURA, 2 POLOS, DISPARO CURVA C (5..10 IN), 10 A.	
	2	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO MINIATURA, 2 POLOS, DISPARO CURVA C (5..10 IN), 4 A.	

Figura 16. Materiales electromecánicos

Fuente: Elaboración propia.

PROYECTO: AUTOMATIZACION RECLAMO MINERAL - ORE BIN				
ITEM	CAN	DESCRIPCION EQUIPOS	ESTADO OPERACIONAL	
1	3	Sensores de posicionamiento tipo laser	instalado/ probado	
2	4	sensores inductivos	instalado/ probado	
3	1	sensor nivel tipo radar (mide nivel camion)	instalado/ probado	
4	1	sensor nivel tipo radar (mide nivel chute del carguillo)	instalado/ probado	
5	3	lamparas indicadores de presencia de camiones(se activa juntamente con sensores de posicionamiento)	Falta instalar entubado, instalación entubado, cableado, falta instalar	
6	1	Pulsador de parada emergencia del orebin	pulsador emergencia y probar	
	1	Valeza	instalado/ falta probar	

Figura 17. Materiales a utilizar de instrumentación

Fuente: Elaboración propia

Instrumentación (sensores)

Lista de plc y tarjetas que se cambiaron para el ore bin:

1 PLC micrologix 1100

2 1762-IA8 8 entradas 79/132 VAC

3 1762-OW8 8 Salidas a Relay

4 1762-IF2OF2 2 entradas analógicas/2 salidas analógicas



Figura 18. MicroLogix

Fuente: Elaboración propia.

Debido a lo ocurrido en el montaje y prueba de los equipos se reporta y decide lo siguiente:

Reporte: En días anteriores se reportaron fallas en las compuertas del ORE BIN, esto debido a que los sensores inductivos empezaron a tener fallas, el día de ayer se verifico que el sensor inductivo de la compuerta1, se encuentra deteriorado, esto debido a que las compuertas en su proceso de apertura/cierre se ladean, provocando en algunas situaciones que los sensores no las detecten (se alejan demasiado), o en otras situaciones que se acerquen tanto al sensor que lo deterioran. Se propone cambiar dichos sensores, por otros de mayor alcance, y mejor fijación. Se ha considerado el siguiente sensor para dicha aplicación.

Referencia	XS8D1A1MAL2
N/P	XS8D1A1MAL2
Descripción	DET INDUCT 80X80 SN=60MM NO
Marca	TELEMECANIQUE - SCHNEIDER ELECTRIC
	SENSORES INDUCTIVOS

Propuestas e instalación de equipos

Tareas Ore Bin/reclamo de mineral

Ingenieros de mantenimiento y planta:

Según lo comentado sobre el Ore Bin y el área de reclamo:

- En el área de reclamo los equipos funcionarían en el modo remoto-manual, los vibradores pararían cuando el nivel de la tolva de carguío sea mayor o igual al 60 %, reactivándose la vibración en caso se detecte que alguna de las compuertas se abriera, esto nos ayudaría a controlar el nivel en la tolva de carguío evitando que esta se llene demasiado.
- El operador debería verificar cada cierto tiempo el flujo de carga en la faja3, ya que por su experiencia ellos podrían controlar dicho flujo a través de los porcentajes de vibración en cada vibrador, este debería oscilar alrededor de 200 t/h.
- Cuando el nivel de la tolva de carguío llegue a un nivel mayor al 75 %, por un tiempo de 2 minutos, en dicho caso se procedería primero a parar los vibradores, luego de 3 minutos pararía la faja, evitando así, esta se quede con carga. Esta parada se consideraría como un interlock de la faja 3, en cuyo caso para poder reestablecer su funcionamiento se debería resetear desde su *faceplate*.

En la medida de lo posible se evita que suceda este caso, ya que como mencionamos líneas arriba, los vibradores paran al 80 % del nivel de tolva, y si llegara a suceder, sería debido que el camión demorara mucho tiempo en llegar y estuviera cayendo material fino a través de los vibradores, este se consideraría un caso especial.

- En el caso del Ore Bin, se iniciaría el llenado de los camiones a un nivel que equivalga a la carga de un camión (aproximadamente, mayor o igual al 60 % de la tolva de carguío), se hicieron pruebas con dicho nivel, se mejoró la carga hacia los camiones, pero se presentó el inconveniente con la lentitud de cerrado de las compuertas, para este caso tenemos 2 opciones:
 - Se mejore la velocidad de apertura/cierre de las compuertas.
 - Se podría probar cambiando la posición de los sensores de compuertas, haciendo que las compuertas abran menos, pero esto traería como consecuencia, que el proceso de carguío demore un poco más, sin tener en cuenta el tiempo que se tomaría para el llenado de la tolva al nivel deseado para el inicio del proceso de carguío.

Se tomó la opción 2 para tal caso de realizo lo siguiente:

Se coordina la fecha para el armado de andamios, fabricación de los soportes para los sensores de posición de compuertas, de preferencia se sugiere vaciar la tolva de carguío antes de realizar el trabajo, para así abrir la misma y poder reubicar los sensores de posición, en la ubicación deseada.

Durante las pruebas se observó que la compuerta 1, tiene unos inconvenientes en el cierre, esto debido a que su sensor está muy arriba, ocasionando esta compuerta se sobre esfuerce para su confirmación de cierre, se toma la decisión de reubicar este sensor, aprovechando los trabajos a realizar.

Estas son las propuestas y acciones a tomar en las compuertas Ore Bin, de ser efectivas estas acciones, se empieza de acuerdo al cronograma, a fin de terminar en dicho plazo.

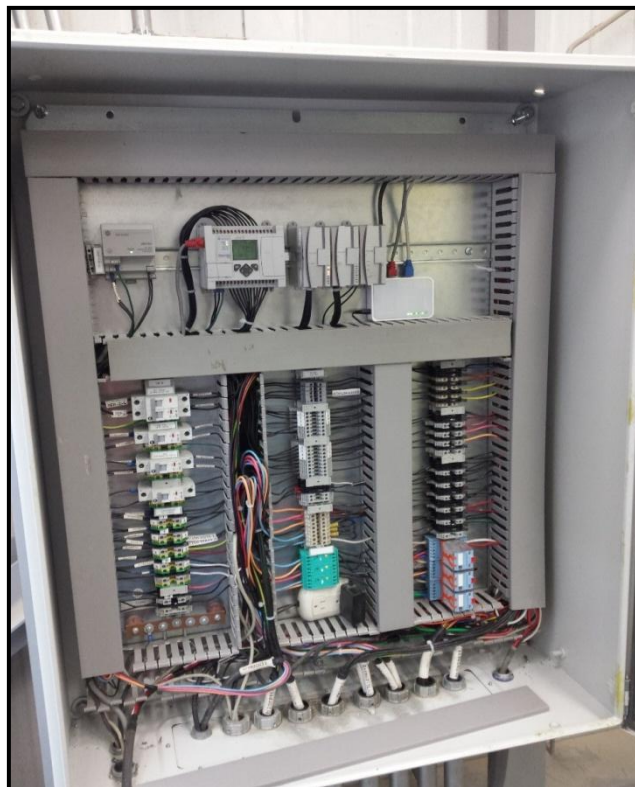


Figura 19. Tablero eléctrico de control PLC. (Cabina de Ore Bin)

Fuente: Elaboración propia

Pantallas de reclamo de mineral:

De las pantallas iniciales del área de reclamo de mineral, se mejora e incluye funciones que posibilitan la operación o control de la automatización en el circuito Ore Bin, quedando dichas pantallas de la siguiente manera:

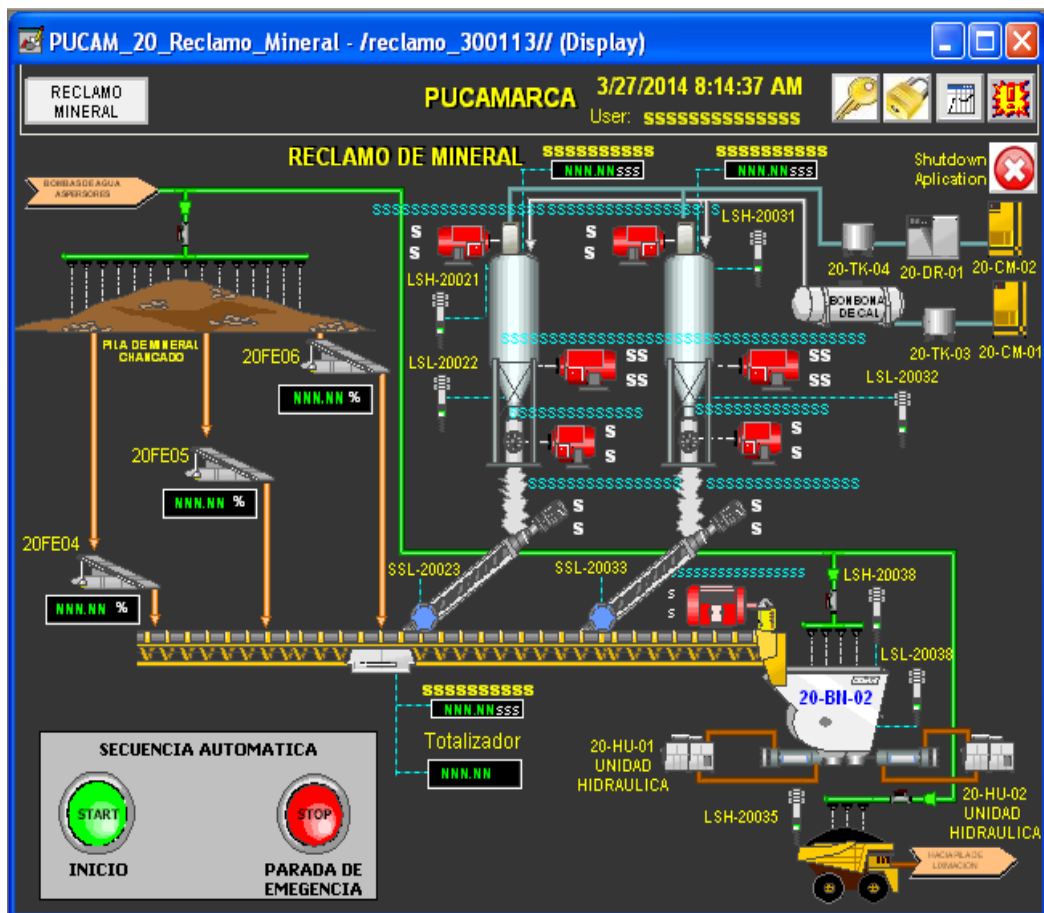


Figura 20. Pantalla circuito reclamo de mineral

Fuente: Elaboración propia

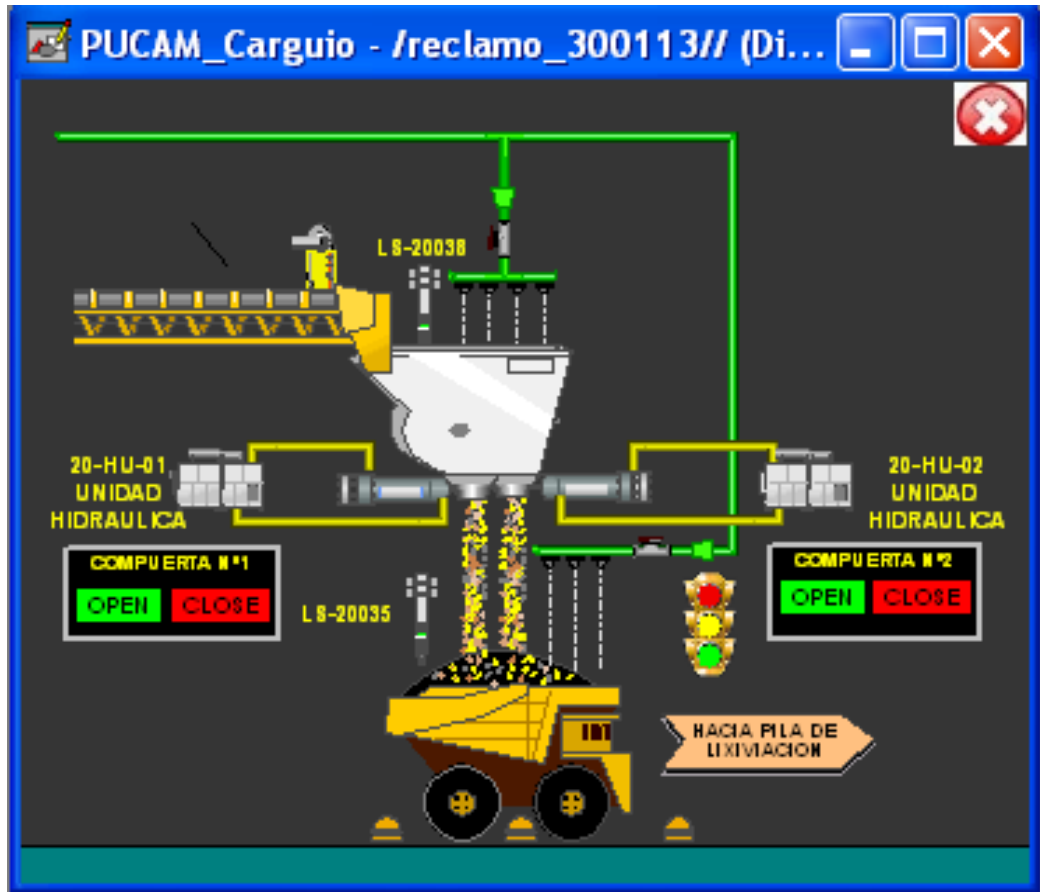


Figura 21. Pantalla compuertas hidráulicas ore bin

Fuente: Elaboración propia

5.4 ELABORACION DE LA NARRATIVA DE CONTROL PARA EL CIRCUITO DE ORE BIN Y TOLVA DE CARGUIO

Modo de operación del sistema

5.4.1 Modo remoto-automático:

Para iniciar el modo de operación en **remoto-automático** el operador debe colocar los selectores de los equipos en campo en

posición **remoto** y a través del HMI en los faceplate de cada equipo seleccionar la posición **automático**.

Una vez que se ha seleccionado la opción **automático** en todos los equipos luego procedemos a presionar el botón de Start (Inicio) para empezar la secuencia automática y el PLC comenzará a ejecutar la siguiente lógica:

- Iniciada la secuencia de arranque automático en un lapso de 10 segundos se arrancará la faja 3 (20-CV-07-M).
- Luego de pasar 15 segundos de funcionamiento de la faja 3 (20-CV-07-M) se arrancará los fluidizadores (20-BA-01A-M y 20-BA-01B-M) y los tornillos alimentadores (20-FE-07A-M y 20-FE-070B-M).
- Después de 15 segundos se pone en funcionamiento a los alimentadores vibradores (20-TFC-FE-04, 20TFC-FE-05 y 20-TFC-FE06) los mismos tendrán como referencia el nivel (LIT-20038) de la tolva de carguío hasta llegar al 80 % y de acuerdo al peso de la balanza se arrancará las válvulas rotativas (20-RV-01A-M y 20-RV-01B-M).

Secuencia automática Ore bin:

Semáforo de ingreso se pone en verde indicando al operador del camión su ingreso.

- Cuando el sensores inductivos 1 y 2 detecten al camión el semáforo de salida se pone en rojo indicando al operador del camión se detenga en esta primera posición. Luego de 5 segundos y el nivel (LIT-20038) de la tolva de carguío alcance el 65 % se abren las compuertas 1 y 2.
- El sensor de nivel de la tolva del camión detecta el primer nivel de carguío de camión el semáforo de salida se pondrá en verde indicando al operador del camión avance a la segunda posición.
- Cuando el sensor inductivo 3 detecte al camión el semáforo de salida se pondrá en rojo indicando al operador del camión se detenga en esta segunda posición.
- Cuando el sensor de nivel de la tolva del camión detecte el segundo nivel de carguío, las compuertas 1 y 2 se cerrarán luego el semáforo de salida se pondrá en verde indicando al operador del camión que se retire.

La secuencia de automática continuará hasta que el operador active el **STOP** desde el HMI, presione el botón de **Parada de Emergencia** de cualquier equipo, o se active alguna señal de protección.

5.4.2 Modo remoto–manual:

Para iniciar el modo de operación en **remoto-manual** el operador debe colocar los selectores de los equipos en campo en posición **remoto** y a través del HMI en los faceplate de cada equipo seleccionar la posición

Manual. Luego el operador puede proceder a dar arranque/parada de los equipos, desde el botón de **Start/Stop** del HMI.

5.4.3 Modo local

Para iniciar el modo de operación en **local** el operador debe colocar los selectores de los equipos en campo en posición **local** desde el panel ubicado en los silos, luego puede proceder a dar arranque/parada a los equipos desde el botón de **start/stop** del panel de control ubicado en los Silos y desde el botón de **start/stop** ubicado en la botonera en campo de la faja 3.

5.5 IMPLEMENTACIÓN DE INDICADORES, COLOCACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE CÁMARAS DEL CIRCUITO ORE BIN

Para finalizar el sistema automatizado del circuito ore bin, procedemos a implementar ciertos indicadores y cámaras para poder tener visibilidad de las tareas a ejecutarse tanto con los equipos del circuito, como con las compuerta hidráulicas.

Implementación

A continuación, se detalla el proceso de implementación para mejorar y culminar así el funcionamiento de la automatización del área reclamo de mineral y circuito Ore Bin:

- Se implementa el sonido de la sirena cada vez que se arranque el circuito de reclamo de mineral, esto con la finalidad de evitar cualquier incidente con cualquier personal que pueda estar al costado de cualquier equipo que pueda dar arranque.
- Se implementa una video cámara en la tolva, compuertas Ore Bin y circuito de Faja y Vibradores; esto con la finalidad de visualizar la operación, el carguío a los camiones y paradas intempestivas de los equipos (de darse el caso), y tener un mejor control eficiente de trabajo.
- Se implementa un historial de fallas eficiente y claro en el sistema o software de automatizado y no siempre informar paradas por sobre carga o que el operador paro el equipo.
- Se implementa pantallas para las cámaras y computadoras para visualizar las 03 ventanas en chancado, reclamo de mineral, Ore Bin.
- Implementación en la cabina del control primario al modo manual de las compuertas hidráulicas del circuito Oren Bin.



Figura 22. Ubicación de las cámaras en el circuito y tolva Ore Bin (1)

Fuente: Elaboración propia

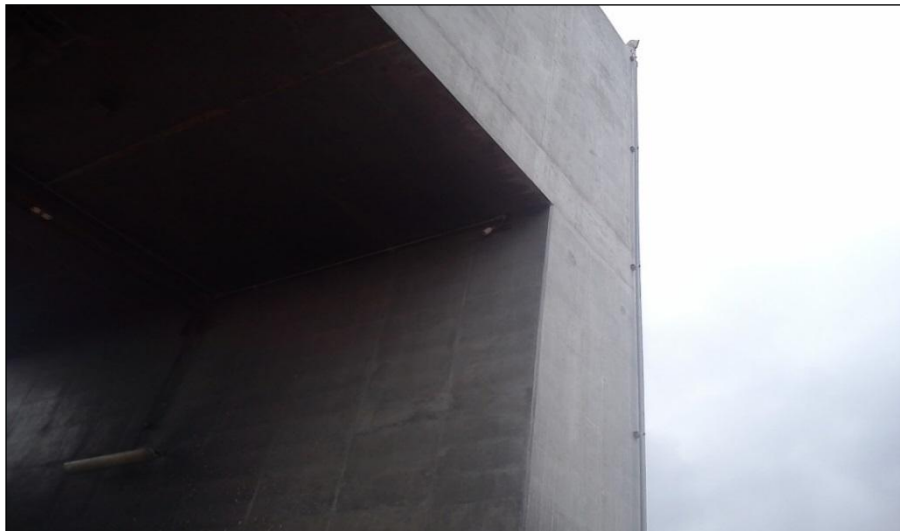


Figura 23. Ubicación de las cámaras en el circuito y tolva Ore Bin (2)

Fuente: Elaboración propia



Figura 24. Cámaras en la cabina de control

Fuente: Elaboración propia

Observaciones: Tomaremos en cuenta ciertas recomendaciones y consejos en este capítulo tan importante como lo es, la instalación y puesta en marcha de los equipos en el circuito ore bin.

Precauciones de seguridad

Al inicio de actividades

Antes de cualquier trabajo V Q se debe cumplir con procedimientos estándares, Identificar todos los peligros potenciales en el área de trabajo y aislarlos, tales como energía mecánica, Eléctrica y otros, use EEP adecuados, para todas las actividades a realizar, alrededores

del equipo, que pueda afectar su operación. De igual forma observe y comunique cualquier condición fuera del estándar en las inmediaciones.

Al término de actividades

Una vez concluido, realizar orden limpieza del área de trabajo, Verificar las herramientas, limpieza y estado, de ser necesario devolver las herramientas para su recambio, Indicar al Supervisor de las irregularidades que se manifiestan en este trabajo y los resultados de lo programado.

A continuación, adjunto los planos electromecánicos, en los cuales se aprecia las mejoras e implementación de los elementos que se adicionaron al circuito para su puesta en marcha;

Planos de diagrama eléctrico tolva de carguío de camiones:

5.5.1 Manual de operación del sistema automático de carguío de camiones- ore bin:

Al finalizar la automatización del circuito ore bin, se elaboró un procedimiento para los operadores de cómo se debe ingresar a cargar correctamente y salir de la plataforma hacia el pad de apilamiento. Lo cual es el siguiente:

Sistema automático de carguío de camiones – Ore bin

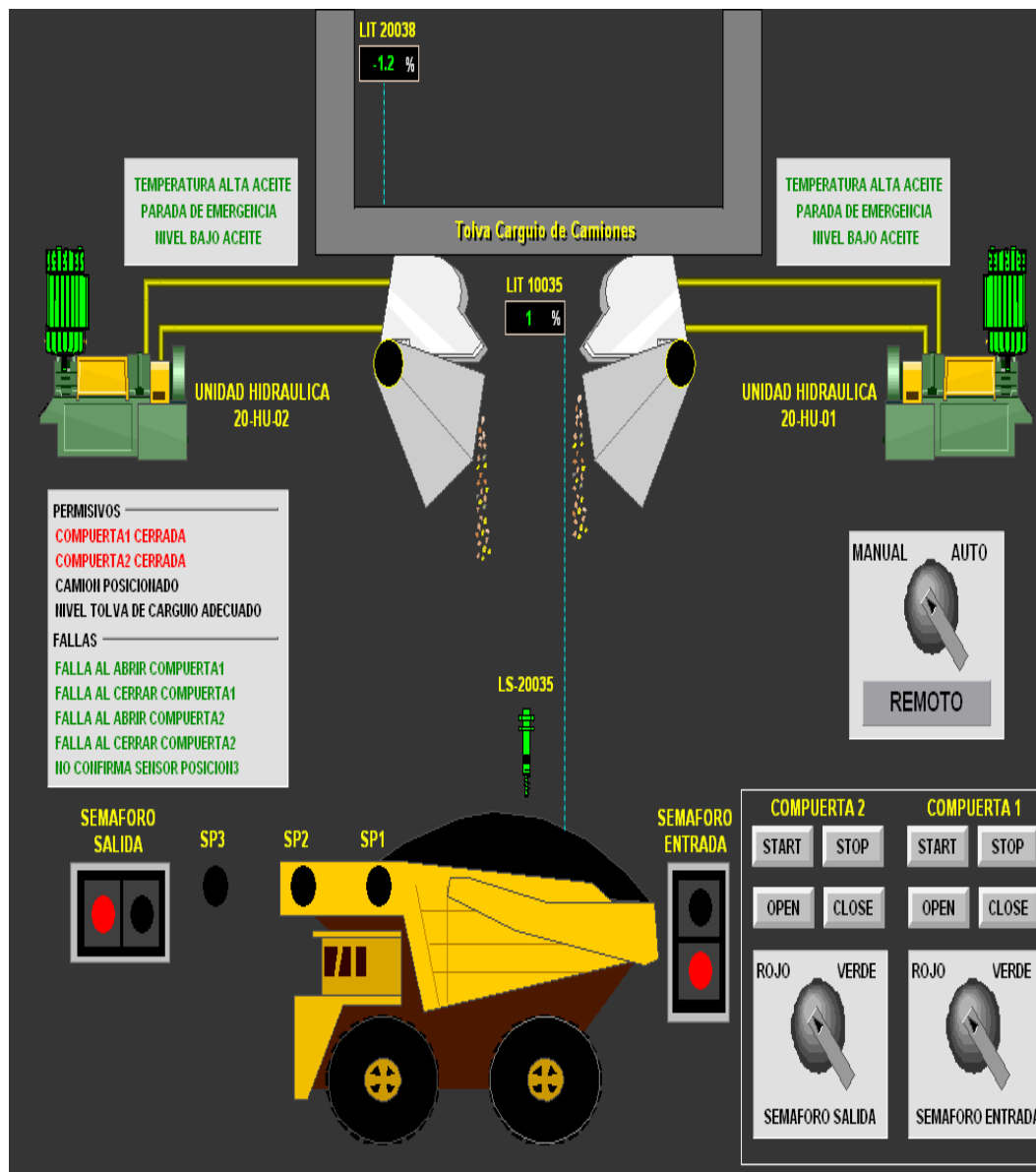


Figura 25. Manual de operación

Fuente: Elaboración propia

Capítulo I

Descripción del proceso

El sistema automático de carguío de camiones de OREBIN en el área de reclamo de mineral, es un sistema que cuenta con un PLC Micrologix 1100 de la marca Allen Bradley el cual trabaja con sensores de nivel y de posicionamiento para monitorear y controlar el carguío de material en los camiones.

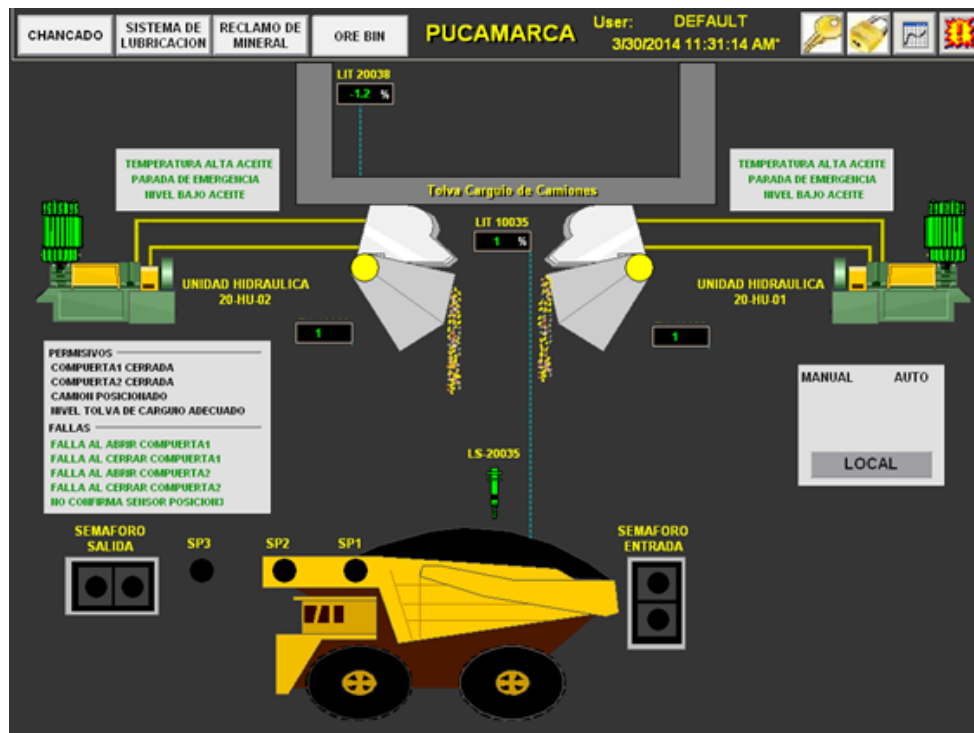


Figura 26. Manual de Operación Tarea 1

Capítulo II

Descripción de equipos

Semáforo de entrada

Este semáforo se encuentra instalado de forma vertical y cuenta con dos colores rojo (camión no puede ingresar) y verde (camión puede ingresar).

Está ubicado en la entrada del Ore bin.

Manual de Operación
TAREA 2



Manual de
Operación TAREA 2



Semáforo de salida

Este semáforo se encuentra instalado de forma horizontal y cuenta con dos colores rojo (camión debe detenerse) y verde (camión puede avanzar). Está ubicado en la salida del Ore bin.



Semáforo de Salida

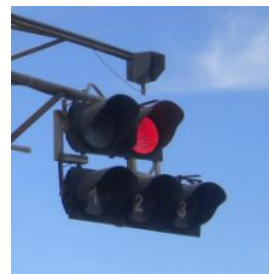
Semáforo de posicionamiento

Este semáforo se encuentra instalado de forma horizontal y cuenta con tres colores rojo (#1), amarillo (#2) y verde (#3). Este semáforo nos indicara las posiciones de carguío, las cuales son las siguientes:

Primera posición de carguío: El semáforo muestra los colores rojo (#1) y amarillo (#2).

Segunda posición de carguío: El semáforo muestra los colores amarillo (#2) y verde (#3).

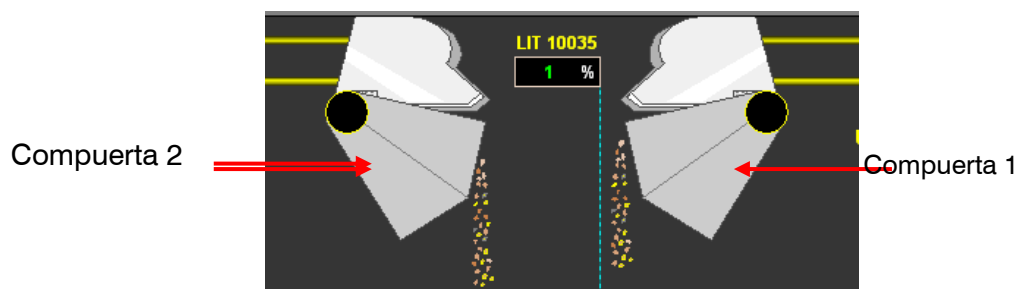
El semáforo está ubicado en la salida del Ore bin debajo del semáforo de Salida.



Semáforo de Posicionamiento

Compuerta 1 y 2

Estas compuertas se encuentran instaladas en la parte inferior de la tolva de mineral.



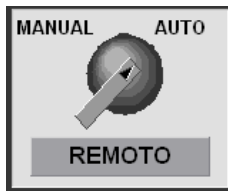
Capítulo III

Operación del Sistema

El Sistema Automático de Carguío de Camiones tiene los siguientes modos de control:

Modo Remoto Automático

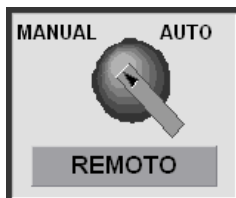
Para iniciar el modo de operación en **Remoto-Automático**, el operador debe colocar el selector ubicado en el Tablero de Control en posición **Remoto** y a través del HMI seleccionar la posición **Automático** como se muestra a continuación.



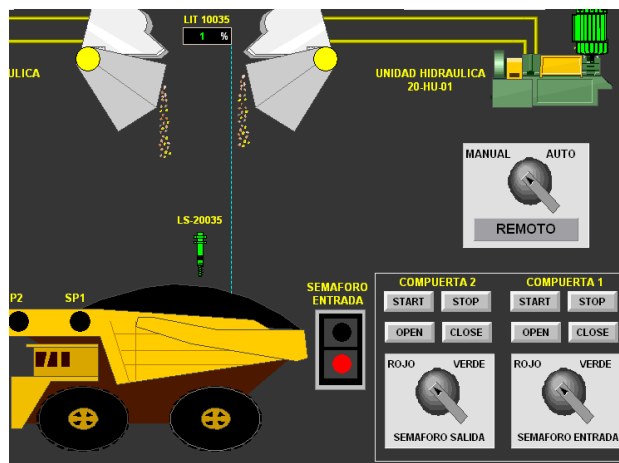
Luego de esto se iniciara la secuencia automática del Sistema de Carguío en Ore bin (ver funcionamiento del sistema líneas abajo).

Modo Remoto Manual

Para iniciar el modo de operación en **Remoto-Manual**, el operador debe colocar el selector ubicado en el Tablero de Control en posición **Remoto** y a través del HMI seleccionar la posición **Manual** como se muestra a continuación.



Luego en el HMI en la parte inferior derecha aparecerá los siguientes botones para la operación del sistema de carguío.



Con estos botones se podrá arranca y parar las bombas hidráulicas, abrir y cerrar las compuertas 1 y 2, cambiar los colores de los semáforos.



Modo local

Para iniciar el modo de operación en **local**, el operador debe colocar el selector ubicado en el Tablero de Control en posición **local**, luego puede proceder a controlar los semáforos para el ingreso y salida de camiones y abrir y cerrar las compuertas para el carguío de mineral.

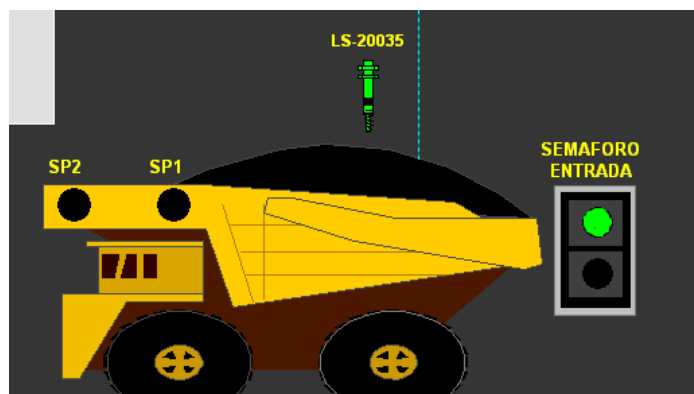
Capítulo IV

Funcionamiento del sistema

En este capítulo se detallará el funcionamiento del Sistema de Carguío en el modo de operación Remoto Automático.

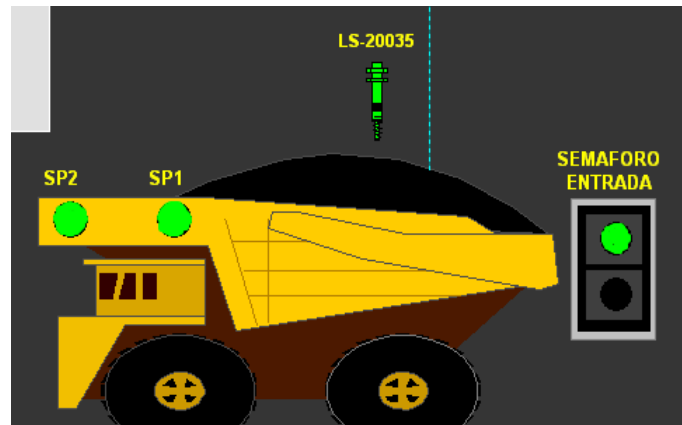
Previamente seleccionado el modo de operación Remoto Automático, la secuencia automática será la siguiente:

El Semáforo de Entrada mostrara el color verde para indicar al operador del camión que ingrese, esto se dará siempre que se cumplan las condiciones previas del sistema como confirmación de compuertas 1 y 2 cerradas.

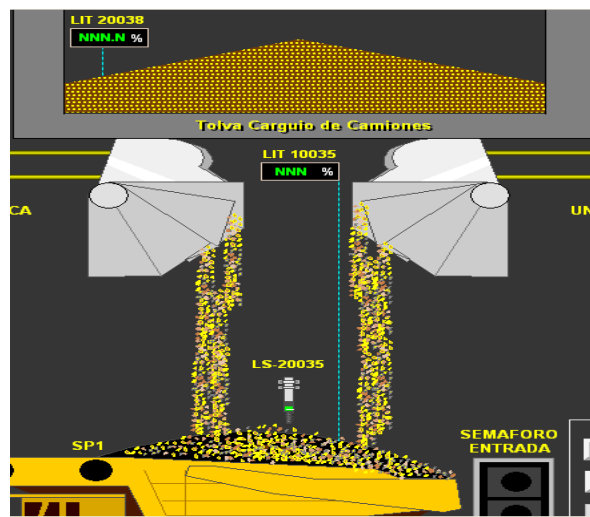


Después del ingreso del camión los sensores de posicionamiento 1 y 2 detectaran al camión; haciendo que el Semáforo de Salida muestre el color rojo indicando al operador del camión se detenga y el Semáforo de Posicionamiento mostrara el color rojo (#1) y amarillo (#2) indicando de esta manera al operador del camión que encuentra ubicado la primera

posición de carguío. Caso contrario la secuencia automática quedara detenida hasta que se cumplan las condiciones.

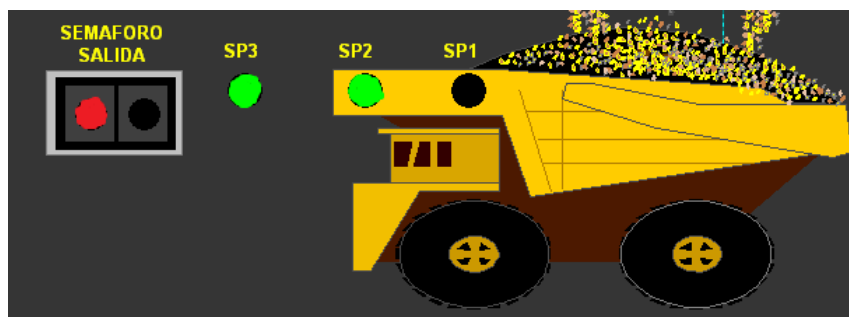


Luego de 5 segundos y el sensor de nivel (LIT20038) detecte el 55% de mineral en la Tolva de Carguío de Camiones se procede a abrir las compuertas 1 y 2.



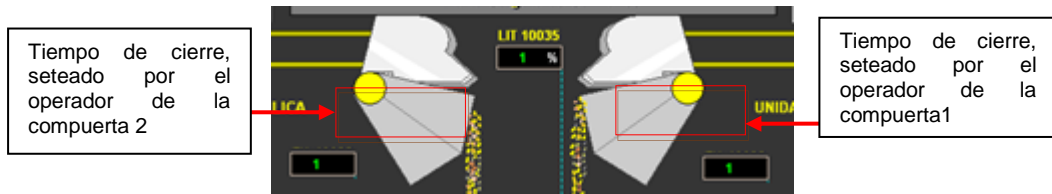
Cuando el sensor de nivel (LIT10035) de la tolva del camión detecte el primer nivel de carguío de camión el Semáforo de Salida mostrara el color verde indicando al operador del camión avance a la segunda posición de carguío.

Cuando el sensores de posicionamiento 2 y 3 detecten al camión el Semáforo de Salida mostrara el color rojo indicando al operador del camión se detenga y el Semáforo de Posicionamiento mostrara el color amarillo (#2) y verde (#3) indicando de esta manera al operador del camión que encuentra ubicado en la segunda posición de carguío.



Una vez que el camión este ubicado en la segunda posición de carguío, la Compuerta 2 empieza su cierre luego de un tiempo (establecido por el operador), una vez confirmado el cierre de la segunda compuerta, empezamos el cierre de la primera.

Ambos tiempos son seteados por el operador desde la pantalla de supervisión del Ore Bin.



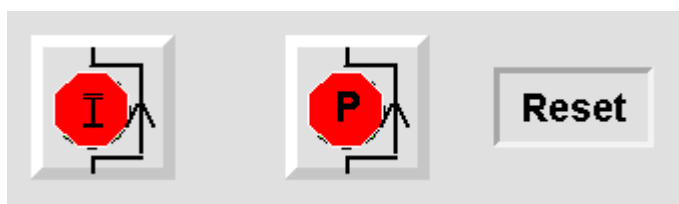
En la pantalla de supervisión de reclamo de mineral se agregó el siguiente selector.



Este Selector permite al operador des energizar los vibradores, esto en la posición OFF del selector, al hacerlo el mensaje “Parada por selector On-Off” parpadea de color rojo.

Cuando el sensor de nivel de la tolva de carguío LIT20038, este a más del 60%, los vibradores dejaran de vibrar, hasta que se detecte que algún motor de las compuertas haya arrancado y/o alguna compuerta se haya abierto. En tal caso el mensaje “Parada por nivel alto” parpadea de color rojo.

En caso el sensor de nivel de la tolva de carguío LIT20038, este a más del 90%, por un tiempo de 30 segundos, los vibradores dejaran de vibrar, inmediatamente el mensaje “Parada por nivel Alto” parpadea de color rojo. Luego de un tiempo (2 minutos), se inicia la parada de la faja3, en este caso se activara el interlock de dicha faja, para resetear esta falla y activar nuevamente los vibradores el operador deberá presionar el botón de Reset desde el faceplate de la faja 3.



5.5.2 Evaluación de tiempos muertos y fallas con operación manual y con sistema automatizado de la tolva (ore bin)

Reporte de desperdicio de tiempos por fallas en la tolva sistema manual.

Tabla 8. Reporte de tiempos muertos por fallas en la tolva sistema manual

Guardia	Incidente	Hora	Tiempo	Fecha
B	Se para intempestivamente faja 3 por maniobra eléctrica.	00:00 - 00:20	20 min	26/01/2013
B	Para intempestivamente faja 3, por corte de energía	03:30 - 05:20	1 hora 50 min	07/03/2013
A	Para faja 3 por problemas en display (panel táctil)	08:50 - 10:00	1 hora 10 min	08/03/2013
A	Para intempestivamente faja 3,(circuito Ore Bin) por falla eléctrica en sist. De comunicación.	15:45 - 17:30	1 hora 45 min	04/04/2013
A	Para faja 3 con carga por nivel alto en tolva de carguío (seguía pasando mineral fino).	14:50 - 16:30	1 hora 40 min	13/05/2013
B	Para faja 3 con carga por nivel alto en tolva de carguío (seguía pasando mineral fino).	02:30 - 04:20	1 hora 50 min	20/05/2013
B	Para faja 3 con carga por nivel alto en tolva de carguío (seguía pasando mineral fino), demora de camiones ocasiona dicha de parada.	00:00 - 01:55	1 hora 55 min	24/05/2013
A	Para intempestivamente faja 3 con carga, debido a corte de energía en toda la unidad.	14:45 - 17:00	2 hora 15 min	06/06/2013
A	Fluido eléctrico tiene caídas de tensión y hace que sist. De comunicación no responda, por ende se tiene que parar circuito y faja queda con carga.	16.00 - 17:30	1 hora 30 min	12/06/2013
B	Para intempestivamente faja 3 con carga, debido a paso de flujo de mineral por más de 1800 ton/hora. sist. Para por Overload (sobrecarga).	03:00 - 18:50	3 hora 50 min	27/06/2013
A	Demora de camiones ocasiona que nivel de tolva de mineral llegue a 100%, y pare intempestivamente faja 3 con carga.	07:00 - 09:15	2 hora 15 min	28/06/2013
	Total de fallas: 11	--	20 horas 16 min.	meses

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

- La tabla N° 01 presenta la información relacionada con los desperdicios en tiempo de trabajo producidos por desperfectos y fallas en el sistema de carga de material (Ore bin).
- De acuerdo a la operación manual del circuito Ore Bin, hemos tomado en cuenta las siguientes variables que nos afectan a diario a nuestro propósito específico que es aumentar la producción de la empresa, en nuestra área es: el mineral chancado y dosificado de cal puesto en pad en una guardia, estas variables son: Diagnóstico de tiempos y Diagnóstico de fallas.

Diagnóstico de tiempos: En el área de operación del circuito Ore Bin y reclamo de mineral, operando con el sistema manual encontramos ciertos sucesos que desfavorecen la producción de la empresa minera MINSUR S.A. En 6 meses de observación, notamos los siguientes factores de pérdida de tiempo los cuales son:

- Operación de carguío inexacta al camión, demoras por falta de mineral, o sobrecarga.
- Limpieza de derrames de mineral en plataforma de carguío por cada hora, por el tractor a ruedas o retroexcavadora o por ultimo utilizando la motoniveladora en caso los anteriores equipos estén inoperativos o realizando otras tareas más importantes.

- El tiempo total observado como desperdicio de tiempos es de 12 horas con 16 segundos. Se tomaron valores en un tiempo determinado (días, mes), para así saber en qué se estaba desperdiciando el tiempo.

Diagnóstico de fallas. En el proceso notamos que además de tener pérdidas de tiempo por la operación de carguío manual. Notamos que también se dan desperdicios de tiempo por fallas en: el llenado de la tolva de mineral y para de la faja, debido a lo ocurrido se tenía que descargar la faja en el caso de ser necesario lo cual nos tomaba más tiempo.

Reporte de tiempos muertos por fallas en la tolva Sistema automatizado

Tabla 9. Reporte de tiempos muertos por fallas en la tolva sistema automatizado

Guardia	Incidente	Hora	Tiempo total	Fecha
A	Circuito paro intempestivamente al activarse sensor de desalineamiento de faja, Overload (sobrecarga)	16:30 - 18:40	2 hora 10 min	18/01/2015
B	Para intempestivamente (circuito de Ore bin) por corte de energía.	20:50 - 22:00	1 hora 10 min	08/02/2015
A	Fluido eléctrico tiene caídas de tensión y hace que sist. De comunicación no responda, por ende se tiene que parar circuito y faja queda con carga.	16.00 - 17:30	1 hora 30 min	17/03/2015
B	Alimentador "B" campaneá con mineral	01:00 - 02:50	1 hora 50 min	26/05/2015
	Total de fallas: 04	--	5 horas 40 minutos	6 meses

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

La tabla N° 9 presenta la información relacionada con los desperdicios de tiempos por fallas en el sistema la tolva Ore bin, con el sistema automatizado. Los resultados permiten deducir que en 6 meses de trabajo continuado el sistema ha incurrido en aproximadamente 04 fallas, las mismas que están relacionadas con cortes de energía eléctrica y 01 por desalineamiento del sensor de la faja.

Como consecuencia de estas fallas intempestivas se acumula un tiempo de 5 horas y 40 minutos. Estos resultados comparados con los datos de tabla 01 (operación con sistema manual), demuestran la eficacia del sistema, automatizado”.

5.6 RESULTADOS DE LAS OPERACIONES DE CARGUÍO CON SISTEMA MANUAL Y SISTEMA AUTOMATIZADO

Carguío de la tolva Ore bin con sistema manual, turno diurno

Tabla 10. Reporte de carguío automático de camiones

REPORTE DE CARGUIO AUTOMATICO DE CAMIONES - OREBIN							
Horas de Trabajo: 07:30am - 6:45pm							
Camión 2				Camión 3			
Ítem	Toneladas	Observación	Total	Ítem	Toneladas	Observación	Total
1	93	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	1	95	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"
2	92	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	2	93	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"
3	92	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	3	92	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"
4	89	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	4	92	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"
5	89	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	5	91	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"
6	90	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	6	92	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"
7	91	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	7	93	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"
8	92	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	8	92	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"
9	90	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	9	91	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"
10	91	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	10	91	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"
11	92	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	11	90	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"
12	94	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	12	92	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"
13	90	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	13	89	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"
14	90	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	14	88	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"
15	84	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	15	83	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"
16	91	C2-11seg, C1-3seg	1'. 34"	16	89	C2-11seg, C1-3seg	1'. 34"
17	89	C2-11seg, C1-3seg	1'. 34"	17	88	C2-11seg, C1-3seg	1'. 34"
18	88	C2-11seg, C1-3seg	1'. 34"	18	90	C2-11seg, C1-3seg	1'. 34"
19	89	C2-11seg, C1-3seg	1'. 34"	19	89	C2-11seg, C1-3seg	1'. 34"
20	88	C2-11seg, C1-3seg	1'. 34"	20	90	C2-11seg, C1-3seg	1'. 34"
21	90	C2-11seg, C1-3seg	1'. 34"	21	89	C2-11seg, C1-3seg	1'. 34"
22	91	C2-11seg, C1-3seg	1'. 34"	22	89	C2-11seg, C1-3seg	1'. 34"

Continuación de la tabla 10.

23	92	C2-11seg, C1-3seg	1'. 34"	23	90	C2-11seg, C1-3seg	1'. 34"
24	92	C2-11seg, C1-3seg	1'. 34"	24	90	C2-11seg, C1-3seg	1'. 34"
25	91	C2-11seg, C1-3seg	1'. 34"	25	88	C2-11seg, C1-3seg	1'. 34"
26	92	C2-11seg, C1-3seg	1'. 34"	26	90	C2-11seg, C1-3seg	1'. 34"
27	93	C2-11seg, C1-3seg	1'. 34"	27	89	C2-11seg, C1-3seg	1'. 34"
28	94	C2-11seg, C1-3seg	1'. 34"	28	92	C2-11seg, C1-3seg	1'. 34"
29	95	C2-11seg, C1-3seg	1'. 34"	29	94	C2-11seg, C1-3seg	1'. 34"
30	99	C2-11seg, C1-3seg	1'. 34"	30	95	C2-11seg, C1-3seg	1'. 34"
31	92	C2-9seg, C1-0seg	1'. 29"	31	90	C2-9seg, C1-0seg	1'. 29"
32	91	C2-9seg, C1-0seg	1'. 29"	32	89	C2-9seg, C1-0seg	1'. 29"
33	92	C2-9seg, C1-0seg	1'. 29"	33	90	C2-9seg, C1-0seg	1'. 29"
34	92	C2-9seg, C1-0seg	1'. 29"	34	90	C2-9seg, C1-0seg	1'. 29"
35	93	C2-9seg, C1-0seg	1'. 29"	35	91	C2-9seg, C1-0seg	1'. 29"
36	91	C2-9seg, C1-0seg	1'. 29"	36	89	C2-9seg, C1-0seg	1'. 29"
37	91	C2-9seg, C1-0seg	1'. 29"	37	90	C2-9seg, C1-0seg	1'. 29"
38	92	C2-9seg, C1-0seg	1'. 29"	38	90	C2-9seg, C1-0seg	1'. 29"
39	93	C2-9seg, C1-0seg	1'. 29"	39	91	C2-9seg, C1-0seg	1'. 29"
40	92	C2-9seg, C1-0seg	1'. 29"	40	87	C2-9seg, C1-0seg	1'. 29"
41	90	C2-9seg, C1-0seg	1'. 29"	41	91	C2-9seg, C1-0seg	1'. 29"
42	88	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	42	93	C2-10seg, C1-1seg	1'. 31"
43	93	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	43	92	C2-10seg, C1-1seg	1'. 31"
44	94	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	44	93	C2-10seg, C1-1seg	1'. 31"
45	93	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	45	92	C2-10seg, C1-1seg	1'. 31"
46	92	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	46	91	C2-10seg, C1-1seg	1'. 31"
47	92	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	47	92	C2-10seg, C1-1seg	1'. 31"
48	93	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	48	93	C2-10seg, C1-1seg	1'. 31"
49	94	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	49	92	C2-10seg, C1-1seg	1'. 31"
50	93	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	50	91	C2-10seg, C1-1seg	1'. 31"
51	92	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	51	92	C2-10seg, C1-1seg	1'. 31"
52	91	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	52	93	C2-10seg, C1-1seg	1'. 31"
53	92	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	53	91	C2-10seg, C1-1seg	1'. 31"
54	90	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	54	89	C2-10seg, C1-1seg	1'. 31"

Continuación de la tabla 10.

55	91	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	55	89	C2-10seg, C1-1seg	1'. 31"
56	89	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	56	88	C2-10seg, C1-1seg	1'. 31"
57	88	C2-10seg, C1-5seg	1'. 35"	57	86	C2-10seg, C1-5seg	1'. 35"
58	93	C2-10seg, C1-5seg	1'. 35"	58	92	C2-10seg, C1-5seg	1'. 35"
59	94	C2-10seg, C1-5seg	1'. 35"	59	91	C2-10seg, C1-5seg	1'. 35"
60	93	C2-10seg, C1-5seg	1'. 35"	60	92	C2-10seg, C1-5seg	1'. 35"
61	93	C2-10seg, C1-5seg	1'. 35"	61	91	C2-10seg, C1-5seg	1'. 35"
62	92	C2-10seg, C1-5seg	1'. 35"	62	92	C2-10seg, C1-5seg	1'. 35"
63	94	C2-10seg, C1-5seg	1'. 35"	63	93	C2-10seg, C1-5seg	1'. 35"
64	94	C2-10seg, C1-5seg	1'. 35"	64	92	C2-10seg, C1-5seg	1'. 35"
65	92	C2-10seg, C1-5seg	1'. 35"	65	90	C2-10seg, C1-5seg	1'. 35"
66	93	C2-10seg, C1-5seg	1'. 35"	66	91	C2-10seg, C1-5seg	1'. 35"
67	92	C2-10seg, C1-5seg	1'. 35"	67	91	C2-10seg, C1-5seg	1'. 35"
Total	6137	Toneladas Útiles		Total	6076	Toneladas Útiles	

Fuente: Elaboración propia

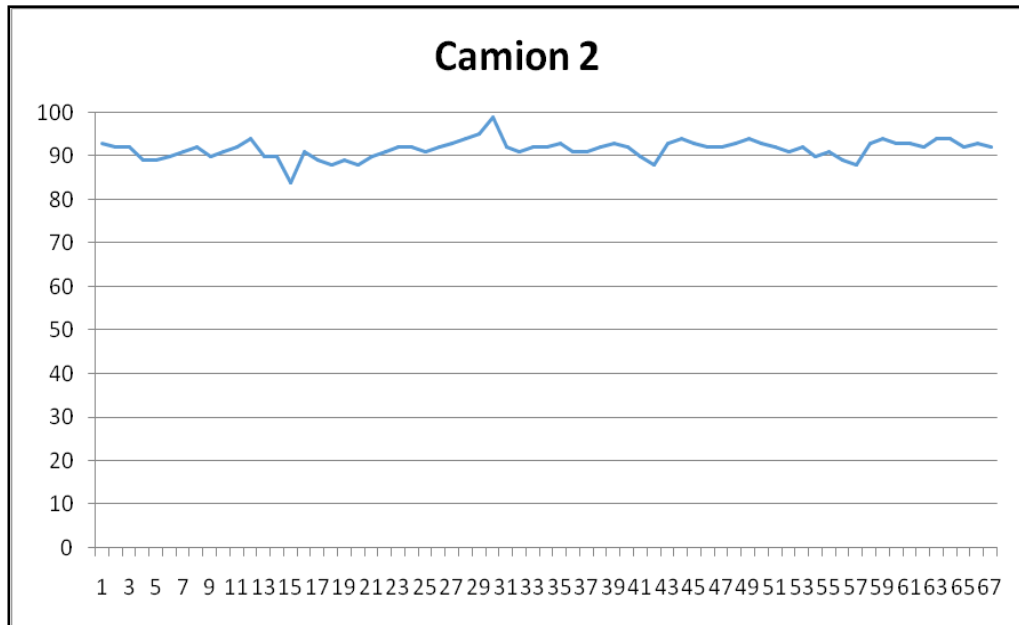


Figura 27. Promedio de tendencia en tonelaje & # de viajes

Fuente: Elaboración propia

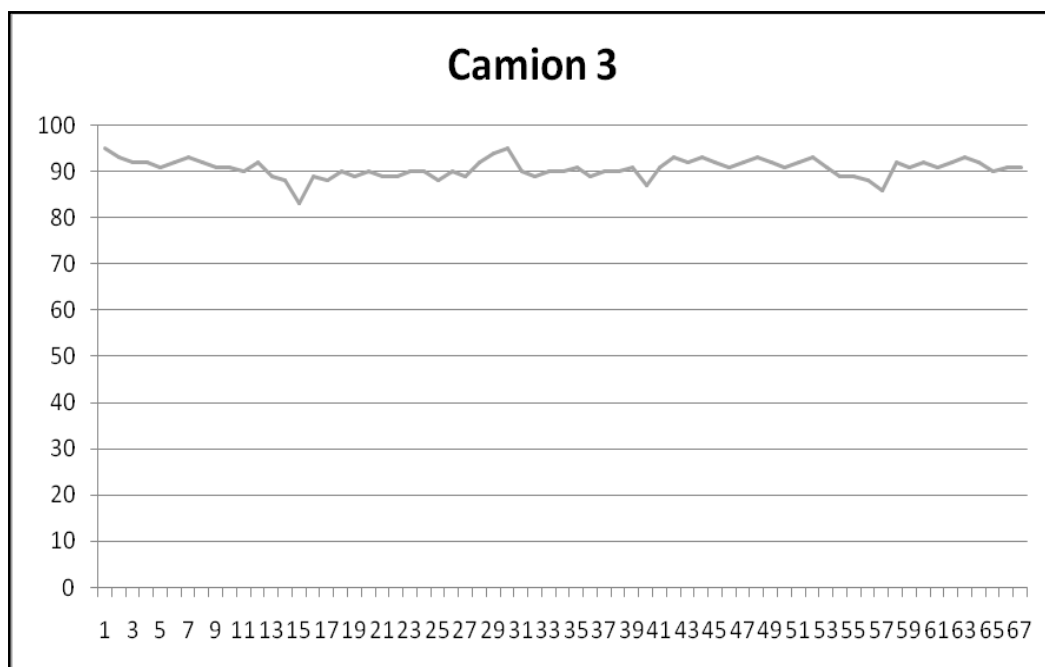


Figura 28. Promedio de tendencia en tonelaje & # de viajes

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

La tabla N° 10 presenta la información sobre el carguío de mineral con la tolva ore bin, con el sistema manual, las condiciones de trabajo fueron:

Turno : Diurno

Total de horas trabajadas : 11,25´ por cada camión

Total de viajes : 67 por cada camión = 134

Total de carguío toneladas: camión N° 01 = 6137, camión N° 02 = 6076

De la información anterior deducimos que el promedio de viajes por hora es de 11 a 12 viajes, dependiendo del flujo de mineral que pasa por la faja. Además observamos que existe cierta variación en los tiempos de carga de los camiones, así como también hay variación en el tonelaje por camión.

Otra de las cosas que observamos que existen demoras en el carguío de mineral, debido a que el mineral en ciertas horas presenta una variación en su composición, llega con mayor o menor peso con el mismo volumen.

Carguío de la tolva OREBIN con sistema manual, turno nocturno

Tabla 11. Reporte de carguío automático de camiones – ore bin

REPORTE DE CARGUIO AUTOMATICO DE CAMIONES - OREBIN							
Horas de Trabajo: 19:45pm - 6:45am							
Camión 2-Julio Vizcarra				Camión 3-David Capcha			
Ítem	Toneladas	Observación	Total	Ítem	Toneladas	Observación	Total
1	95	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	1	87	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"
2	93	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	2	91	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"
3	96	C2-10seg, C1-2seg	1'. 32"	3	87	C2-8seg, C1-3seg	1'. 31"
4	91	C2-8seg, C1-3seg	1'. 31"	4	86	C2-8seg, C1-3seg	1'. 31"
5	88	C2-8seg, C1-3seg	1'. 31"	5	85	C2-8seg, C1-3seg	1'. 31"
6	93	C2-8seg, C1-3seg	1'. 31"	6	83	C2-8seg, C1-3seg	1'. 31"
7	92	C2-8seg, C1-3seg	1'. 31"	7	83	C2-8seg, C1-3seg	1'. 31"
8	90	C2-8seg, C1-3seg	1'. 31"	8	83	C2-8seg, C1-3seg	1'. 31"
9	91	C2-8seg, C1-3seg	1'. 31"	9	90	C2-8seg, C1-3seg	1'. 31"
10	92	C2-8seg, C1-3seg	1'. 31"	10	90	C2-8seg, C1-3seg	1'. 31"
11	91	C2-8seg, C1-3seg	1'. 31"	11	90	C2-8seg, C1-3seg	1'. 31"
12	92	C2-8seg, C1-3seg	1'. 31"	12	91	C2-8seg, C1-3seg	1'. 31"
13	93	C2-8seg, C1-3seg	1'. 31"	13	92	C2-8seg, C1-3seg	1'. 31"
14	90	C2-8seg, C1-5seg	1'. 33"	14	85	C2-8seg, C1-3seg	1'. 31"
15	92	C2-8seg, C1-5seg	1'. 33"	15	90	C2-8seg, C1-3seg	1'. 31"
16	91	C2-8seg, C1-5seg	1'. 33"	16	93	C2-8seg, C1-3seg	1'. 31"
17	91	C2-8seg, C1-5seg	1'. 33"	17	92	C2-8seg, C1-3seg	1'. 31"
18	91	C2-8seg, C1-5seg	1'. 33"	18	90	C2-8seg, C1-3seg	1'. 31"
19	90	C2-8seg, C1-5seg	1'. 33"	19	85	C2-8seg, C1-3seg	1'. 31"
20	86	C2-8seg, C1-5seg	1'. 33"	20	86	C2-9seg, C1-4seg	1'. 33"
21	91	C2-8seg, C1-5seg	1'. 33"	21	90	C2-9seg, C1-4seg	1'. 33"
22	91	C2-8seg, C1-5seg	1'. 33"	22	92	C2-9seg, C1-4seg	1'. 33"
23	92	C2-8seg, C1-5seg	1'. 33"	23	90	C2-9seg, C1-4seg	1'. 33"
24	90	C2-8seg, C1-5seg	1'. 33"	24	90	C2-9seg, C1-4seg	1'. 33"

Continuación de la tabla 11.

25	93	C2-8seg, C1-5seg	1'. 33"	25	91	C2-9seg, C1-4seg	1'. 33"
26	96	C2-8seg, C1-5seg	1'. 33"	26	94	C2-9seg, C1-4seg	1'. 33"
27	99	C2-8seg, C1-5seg	1'. 33"	27	96	C2-9seg, C1-4seg	1'. 33"
28	91	C2-9seg, C1-2seg	1'. 31"	28	90	C2-9seg, C1-4seg	1'. 33"
29	95	C2-9seg, C1-2seg	1'. 31"	29	90	C2-9seg, C1-4seg	1'. 33"
30	95	C2-9seg, C1-2seg	1'. 31"	30	90	C2-9seg, C1-4seg	1'. 33"
31	94	C2-9seg, C1-2seg	1'. 31"	31	91	C2-9seg, C1-4seg	1'. 33"
32	95	C2-9seg, C1-2seg	1'. 31"	32	90	C2-9seg, C1-4seg	1'. 33"
33	95	C2-9seg, C1-2seg	1'. 31"	33	95	C2-9seg, C1-4seg	1'. 33"
34	95	C2-9seg, C1-2seg	1'. 31"	34	92	C2-9seg, C1-4seg	1'. 33"
35	95	C2-9seg, C1-0seg	1'. 30"	35	93	C2-9seg, C1-4seg	1'. 33"
36	95	C2-9seg, C1-0seg	1'. 30"	36	90	C2-9seg, C1-4seg	1'. 33"
37	91	C2-9seg, C1-0seg	1'. 30"	37	93	C2-9seg, C1-4seg	1'. 33"
38	93	C2-9seg, C1-0seg	1'. 30"	38	92	C2-9seg, C1-4seg	1'. 33"
39	93	C2-9seg, C1-0seg	1'. 30"	39	90	C2-9seg, C1-4seg	1'. 33"
40	92	C2-9seg, C1-0seg	1'. 30"	40	93	C2-9seg, C1-4seg	1'. 33"
41	92	C2-9seg, C1-0seg	1'. 30"	41	90	C2-9seg, C1-4seg	1'. 33"
42	92	C2-9seg, C1-0seg	1'. 30"	42	91	C2-9seg, C1-4seg	1'. 33"
43	94	C2-9seg, C1-0seg	1'. 30"	43	90	C2-9seg, C1-4seg	1'. 33"
44	91	C2-9seg, C1-0seg	1'. 30"	44	92	C2-9seg, C1-4seg	1'. 33"
45	91	C2-9seg, C1-0seg	1'. 30"	45	91	C2-9seg, C1-4seg	1'. 33"
46	83	C2-9seg, C1-0seg	1'. 30"	46	85	C2-9seg, C1-4seg	1'. 33"
47	92	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	47	95	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
48	90	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	48	92	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
49	93	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	49	90	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
50	94	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	50	90	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
51	96	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	51	93	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
52	92	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	52	95	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
53	92	C2-10seg, C1-1seg	1'. 31"	53	91	C2-10seg, C1-3seg	1'. 33"
54	92	C2-10seg, C1-1seg	1'. 31"	54	90	C2-10seg, C1-3seg	1'. 33"
55	91	C2-10seg, C1-1seg	1'. 31"	55	90	C2-10seg, C1-3seg	1'. 33"
56	91	C2-10seg, C1-1seg	1'. 31"	56	85	C2-10seg, C1-3seg	1'. 33"
57	92	C2-10seg, C1-1seg	1'. 31"	57	86	C2-10seg, C1-3seg	1'. 33"

Continuación de la tabla 11.

58	93	C2-10seg, C1-1seg	1'. 31"	58	88	C2-10seg, C1-3seg	1'. 33"
59	94	C2-10seg, C1-1seg	1'. 31"	59	89	C2-10seg, C1-3seg	1'. 33"
61	92	C2-10seg, C1-1seg	1'. 31"	61	91	C2-10seg, C1-3seg	1'. 33"
62	94	C2-10seg, C1-1seg	1'. 31"	62	90	C2-10seg, C1-3s0eg	1'. 33"
63	93	C2-10seg, C1-1seg	1'. 31"	63	91	C2-10seg, C1-3seg	1'. 33"
64	92	C2-10seg, C1-1seg	1'. 31"	64	92	C2-10seg, C1-3seg	1'. 33"
65	94	C2-10seg, C1-1seg	1'. 31"	65	93	C2-10seg, C1-3seg	1'. 33"
66	93	C2-10seg, C1-1seg	1'. 31"	66	92	C2-10seg, C1-3seg	1'. 33"
Total	6010			Total	5853		

Fuente: Elaboración propia

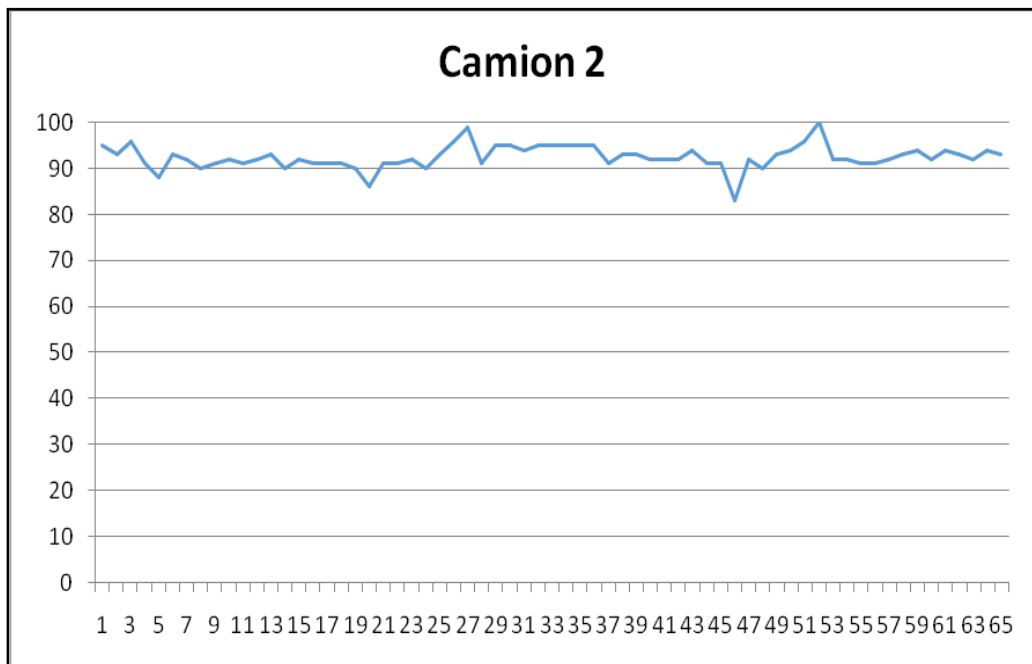


Figura 29. Promedio de tendencia en tonelaje & # de viajes

Fuente: Elaboración propia

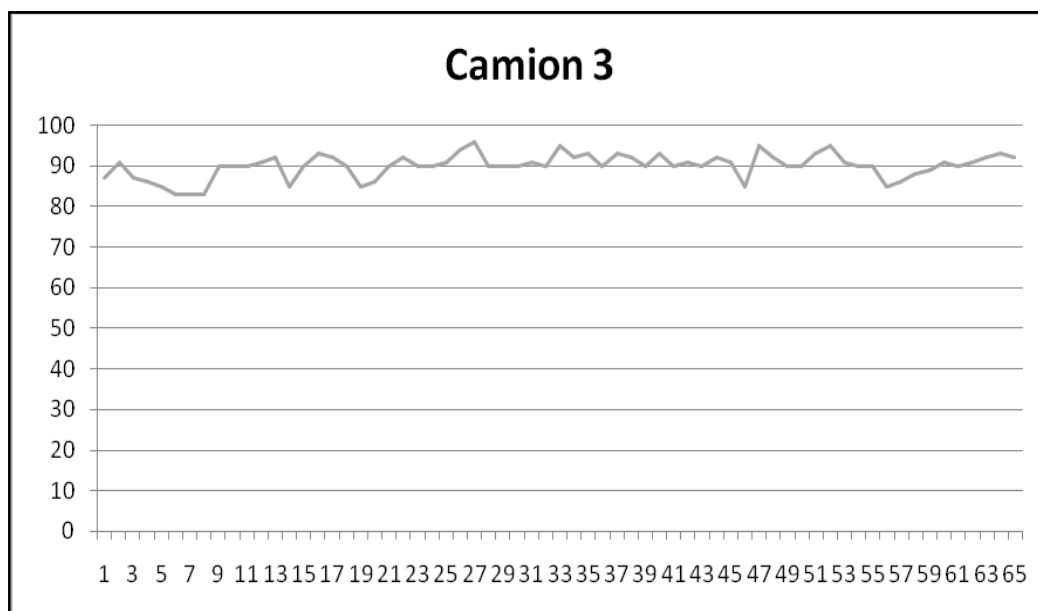


Figura 30. Promedio de tendencia en tonelaje & # de viajes

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

La tabla N° 11, presenta la información sobre el carguío de mineral con la tolva ore bin, con el sistema manual, las condiciones de trabajo fueron:

Turno : Nocturno

Total de horas trabajadas : 11 por cada camión

Total de viajes : 66 por cada camión = 132

Total de carguío toneladas: camión N° 02 = 6010, camión N° 03 = 5853

De la información anterior deducimos que el promedio de viajes por hora es de 11 a 12 viajes, dependiendo del flujo de mineral que pasa por la faja. Además observamos que existe cierta variación en los tiempos de carga de los camiones, así como también hay variación en el tonelaje por camión.

Otra de las cosas que observamos que existen demoras en el carguío de mineral, debido a que el mineral en ciertas horas presenta una variación en su composición, llega con mayor o menor peso con el mismo volumen. En suma las características de la producción son similares al turno diurno.

Carguío de la tolva Ore bin con sistema automatizado, turno diurno

Tabla 12. Reporte de carguío automático de camiones – Ore bin

REPORTE DE CARGUIO AUTOMATICO DE CAMIONES – OREBIN							
Horas de Trabajo: 7:30am - 6:45pm							
Camión 2				Camión 3			
Ítem	Toneladas	Observación	Total	Ítem	Toneladas	Observación	Total
1	92	C2-8seg, C1-0seg	1'. 28"	1	86	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
2	89	C2-8seg, C1-0seg	1'. 28"	2	87	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
3	87	C2-8seg, C1-0seg	1'. 28"	3	89	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
4	93	C2-8seg, C1-2seg	1'. 30"	4	87	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
5	89	C2-8seg, C1-2seg	1'. 30"	5	87	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
6	90	C2-8seg, C1-2seg	1'. 30"	6	88	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
7	90	C2-8seg, C1-2seg	1'. 30"	7	90	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
8	90	C2-8seg, C1-2seg	1'. 30"	8	90	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
9	92	C2-6seg, C1-2seg;	1'. 28"	9	95	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
10	92	C2-6seg, C1-2seg;	1'. 28"	10	95	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
11	90	C2-6seg, C1-2seg;	1'. 28"	11	91	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
12	94	C2-6seg, C1-2seg;	1'. 28"	12	93	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
13	94	C2-6seg, C1-2seg;	1'. 28"	13	90	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
14	94	C2-6seg, C1-2seg;	1'. 28"	14	92	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
15	94	C2-6seg, C1-2seg;	1'. 28"	15	95	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
16	91	C2-6seg, C1-2seg;	1'. 28"	16	94	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
17	90	C2-6seg, C1-2seg;	1'. 28"	17	95	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
18	97	C2-6seg, C1-2seg;	1'. 28"	18	96	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
19	93	C2-8seg, C1-2seg;	1'. 30"	19	92	C2-8seg, C1-0seg;	1'. 28"
20	96	C2-8seg, C1-2seg;	1'. 30"	20	94	C2-8seg, C1-0seg;	1'. 28"
21	93	C2-8seg, C1-2seg;	1'. 30"	21	93	C2-8seg, C1-0seg;	1'. 28"
22	96	C2-8seg, C1-2seg;	1'. 30"	22	95	C2-8seg, C1-0seg;	1'. 28"
23	97	C2-8seg, C1-2seg;	1'. 30"	23	97	C2-8seg, C1-0seg;	1'. 28"
24	90	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"	24	90	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"

Continuación de la tabla 12.

25	90	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"	25	91	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
26	93	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"	26	92	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
27	90	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"	27	90	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
28	92	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"	28	91	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
29	93	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"	29	90	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
30	94	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"	30	90	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
31	90	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"	31	89	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
32	90	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"	32	92	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
33	91	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"	33	90	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
34	89	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"	34	90	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
35	90	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"	35	92	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
36	94	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"	36	93	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
37	86	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"	37	91	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
38	91	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"	38	90	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
39	88	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"	39	94	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
40	87	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"	40	90	C2-7seg, C1-0seg;	1'. 27"
41	97	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"	41	90	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"
42	94	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"	42	91	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"
43	92	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"	43	92	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"
44	93	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"	44	89	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"
45	92	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"	45	91	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"
46	92	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"	46	93	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"
47	91	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"	47	92	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"
48	90	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"	48	90	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"
49	91	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"	49	91	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"
50	92	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"	50	90	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"
51	93	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"	51	92	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"
52	93	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"	52	91	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"
53	91	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"	53	90	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"
54	92	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"	54	92	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"
55	92	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"	55	92	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"
56	91	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"	56	91	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"
57	93	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"	57	92	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"

Continuación de la tabla 12.

58	92	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"	58	91	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"
59	89	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"	59	88	C2-6seg, C1-0seg;	1'. 26"
60	94	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"	60	94	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"
61	93	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"	61	94	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"
62	93	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"	62	92	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"
63	92	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"	63	91	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"
64	92	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"	64	92	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"
65	93	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"	65	93	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"
66	91	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"	66	91	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"
67	92	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"	67	92	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"
68	93	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"	68	93	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"
69	94	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"	69	93	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"
70	92	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"	70	93	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"
71	92	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"	71	91	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"
72	94	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"	72	93	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"
73	93	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"	73	94	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"
74	93	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"	74	93	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"
75	94	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"	75	93	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"
76	95	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"	76	94	C2-7seg, C1-1seg;	1'. 28"
Total	6978	Toneladas Útiles		Total	6955	Toneladas Útiles	

Fuente: Elaboración propia.

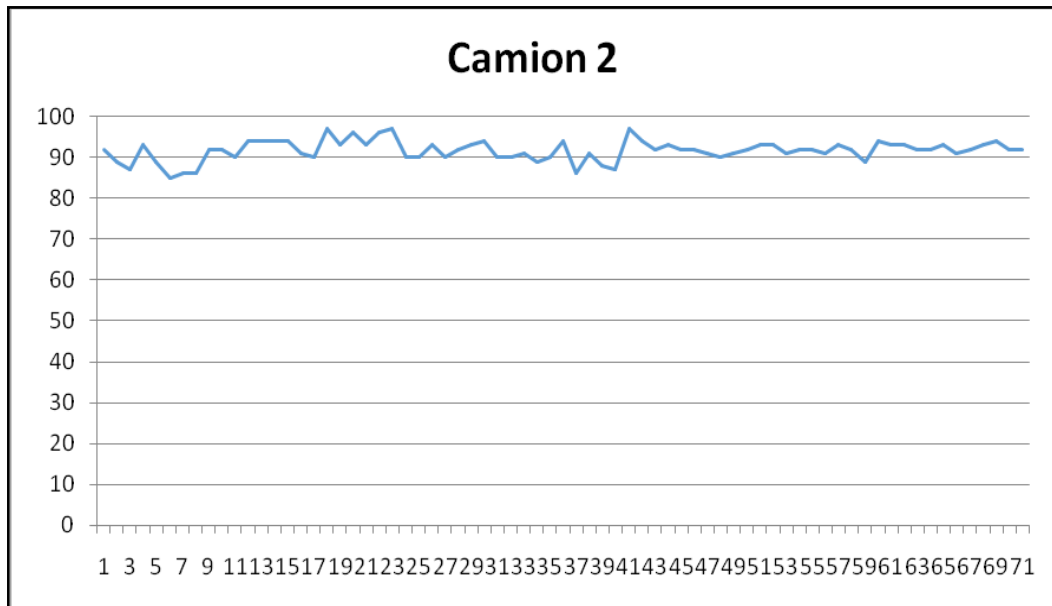


Figura 31. Cuadro estadístico

Fuente: Elaboración propia.

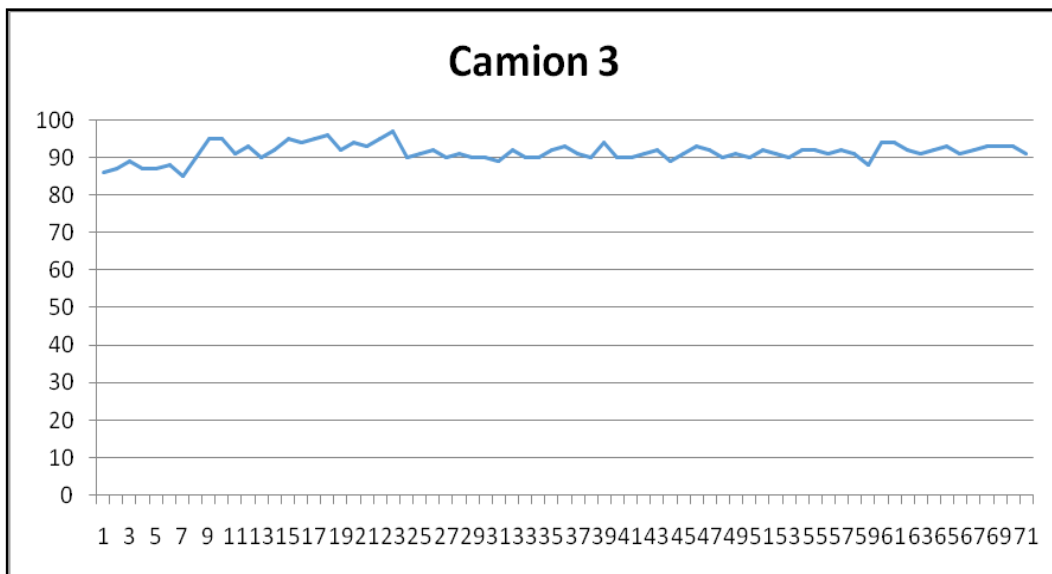


Figura 32. Cuadro estadístico

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

La tabla N° 12, presenta la información sobre el carguío de mineral con la tolva Ore Bin, con el sistema manual, las condiciones de trabajo fueron:

Turno : Diurno

Total de horas trabajadas : 11, 25´ por cada camión

Total de viajes : 76 por cada camión = total 152

Total de carguío toneladas: camión N° 02 = 6978, camión N° 03 = 6955

De la información anterior deducimos que el promedio de viajes por hora es de 13 a 14 viajes, evitando demoras por operación manual. Además observamos que existe una mínima variación en los tiempos de carga de los camiones, así como también el tonelaje por camión, es prácticamente homogéneo. Si se presenta demoras en el carguío del mineral, es porque el mineral presenta una variación en su composición.

Carguío de la tolva Ore bin con sistema automatizado, turno nocturno

Tabla 13. Reporte de carguío automático de camiones – Ore bin

REPORTE DE CARGUIO AUTOMATICO DE CAMIONES - OREBIN							
Horas de Trabajo: 19:45pm - 6:45am							
Camión 2-Raul Arapa				Camión 3-Hector Apari			
Ítem	Toneladas	Observación	Total	Ítem	Toneladas	Observación	Total
1	95	C2-6seg, C1-2seg	1'. 28"	1	87	C2-6seg, C1-2seg	1'. 28"
2	93	C2-6seg, C1-2seg	1'. 28"	2	91	C2-6seg, C1-2seg	1'. 28"
3	96	C2-6seg, C1-2seg	1'. 28"	3	87	C2-6seg, C1-2seg	1'. 28"
4	91	C2-6seg, C1-2seg	1'. 28"	4	86	C2-6seg, C1-2seg	1'. 28"
5	87	C2-6seg, C1-2seg	1'. 28"	5	85	C2-6seg, C1-2seg	1'. 28"
6	93	C2-6seg, C1-2seg	1'. 28"	6	83	C2-6seg, C1-2seg	1'. 28"
7	92	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	7	83	C2-6seg, C1-2seg	1'. 28"
8	92	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	8	83	C2-6seg, C1-2seg	1'. 28"
9	91	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	9	90	C2-6seg, C1-2seg	1'. 28"
10	92	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	10	90	C2-6seg, C1-2seg	1'. 28"
11	94	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	11	90	C2-6seg, C1-2seg	1'. 28"
12	94	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	12	91	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"
13	93	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	13	92	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"
14	90	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	14	85	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"
15	90	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	15	90	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"
16	91	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	16	93	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"
17	91	C2-7seg, C1-2seg	1'. 28"	17	92	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"
18	91	C2-8seg, C1-0seg	1'. 28"	18	90	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"
19	90	C2-8seg, C1-0seg	1'. 28"	19	85	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"
20	86	C2-8seg, C1-0seg	1'. 28"	20	86	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"
21	91	C2-8seg, C1-0seg	1'. 28"	21	90	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"
22	91	C2-8seg, C1-0seg	1'. 28"	22	92	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"
23	92	C2-8seg, C1-0seg	1'. 28"	23	90	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"
24	90	C2-8seg, C1-0seg	1'. 28"	24	90	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"

Continuación de la tabla 13.

25	94	C2-8seg, C1-0seg	1'. 28"	25	91	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
26	96	C2-8seg, C1-0seg	1'. 28"	26	94	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
27	95	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	27	92	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
28	94	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	28	92	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
29	95	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	29	93	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
30	95	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	30	94	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
31	94	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	31	92	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
32	95	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	32	93	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
33	95	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	33	94	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
34	96	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	34	95	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
35	91	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	35	90	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
36	95	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	36	93	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
37	91	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"	37	93	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
38	93	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"	38	92	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
39	93	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"	39	90	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
40	90	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"	40	93	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
41	92	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"	41	90	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
42	92	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"	42	91	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
43	94	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"	43	90	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
44	91	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"	44	92	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
45	91	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"	45	91	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
46	83	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"	46	85	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
47	92	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"	47	95	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
48	90	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"	48	92	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
49	91	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"	49	90	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
50	92	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"	50	90	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
51	94	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	51	91	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
52	93	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	52	91	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
53	92	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	53	91	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
54	92	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	54	90	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
55	91	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	55	90	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
56	91	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	56	85	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
57	96	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	57	91	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"

Continuación de la tabla 13.

58	92	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	58	91	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
59	94	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	59	94	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
60	94	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"	60	93	C2-7seg, C1-2seg	1'. 29"
61	93	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"	61	92	C2-7seg, C1-1seg	1'. 28"
62	92	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"	62	92	C2-7seg, C1-1seg	1'. 28"
63	94	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"	63	94	C2-7seg, C1-1seg	1'. 28"
64	95	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"	64	94	C2-7seg, C1-1seg	1'. 28"
65	94	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"	65	93	C2-7seg, C1-1seg	1'. 28"
66	96	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"	66	94	C2-7seg, C1-1seg	1'. 28"
67	93	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"	67	92	C2-7seg, C1-1seg	1'. 28"
68	92	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"	68	93	C2-7seg, C1-1seg	1'. 28"
69	93	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"	69	92	C2-7seg, C1-1seg	1'. 28"
70	93	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"	70	93	C2-7seg, C1-1seg	1'. 28"
71	92	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"	71	92	C2-7seg, C1-1seg	1'. 28"
72	91	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"	72	90	C2-7seg, C1-1seg	1'. 28"
73	92	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"	73	91	C2-7seg, C1-1seg	1'. 28"
74	94	C2-7seg, C1-0seg	1'. 27"	74	93	C2-7seg, C1-1seg	1'. 28"
Total	6839			Total	6710		

Fuente: Elaboración propia.

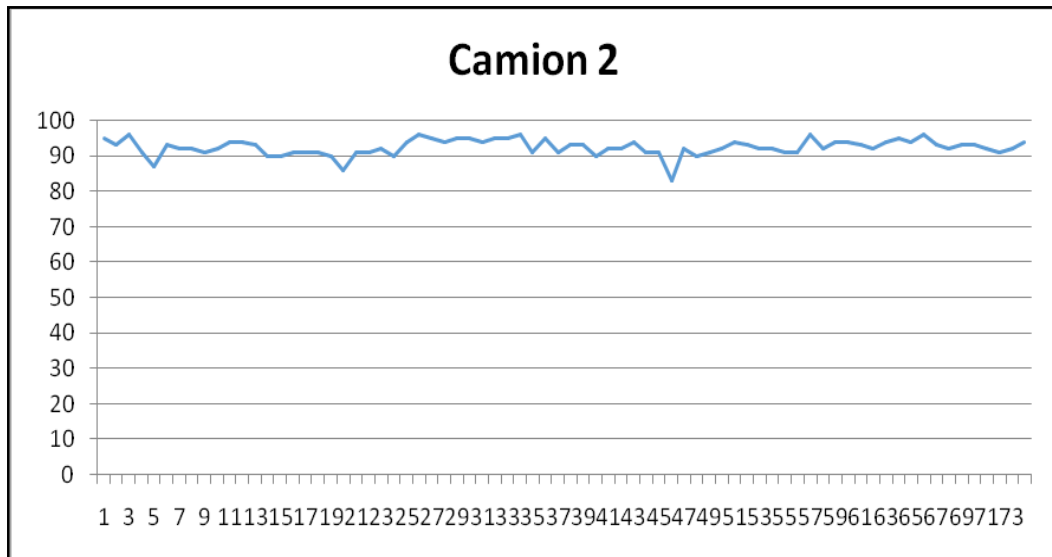


Figura 13. Cuadro de tendencia de tonelaje

Fuente: Elaboración propia

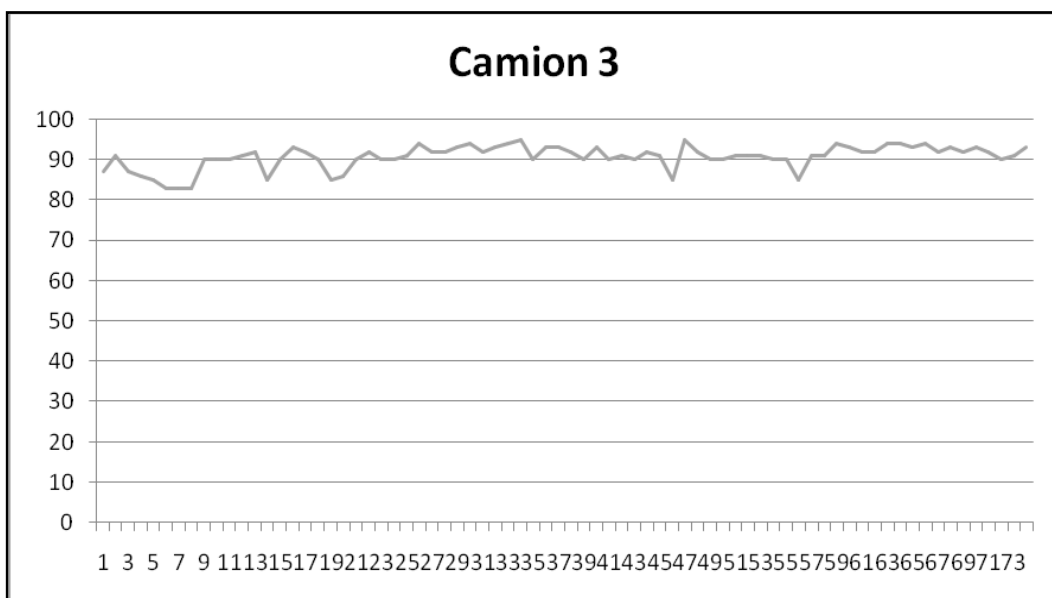


Figura 32. Cuadro de tendencias de tonelaje

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

La tabla N° 13, presenta la información sobre el carguío de mineral con la tolva ore bin, con el sistema manual, las condiciones de trabajo fueron:

Turno : Nocturno

Total de horas trabajadas : 11 por cada camión

Total de viajes : 74 por cada camión = total 148

Total de carguío toneladas: camión N° 02 = 6839, camión N° 03 = 6710

De la información anterior deducimos que el promedio de viajes por hora es de 13 a 14 viajes, evitando demoras por operación manual. Además observamos que existe una mínima variación en los tiempos de carga de los camiones, así como también el tonelaje por camión, es prácticamente homogéneo. Si se presenta demoras en el carguío del mineral, es porque el mineral presenta una variación en su composición.

5.6.1 Cuadro de costos del sistema de optimización del carguío de camiones

De acuerdo a las actividades a realizar en el proyecto de automatización, vamos a tener en cuenta que el trabajo de campo se va a dar en 2 partes:

- Reacondicionamiento de tuberías por las cuales van a pasar los cables tanto eléctricos como de comunicación lógica PLC.
- Instalación y montaje de soportes y equipos de instrumentación, electromecánicos (sensores, actuadores, pulsadores y lámparas).
- Costo que se asume por el trabajo de campo es asumido como S/.0.00. Ya que se toma al personal capacitado en el área, tanto como los técnicos electricistas e instrumentistas y de apoyo mecánico.
- Se efectúa en horas de parada de por mantenimiento del circuito Ore Bin, sin contratar personal de empresas contratistas ni terceros.

Tabla 14. Costos de equipos

Cantidad	Descripción de equipos	Costo Unitario	Costo Total \$
1	Interruptor automático miniatura, 2 polos, disparo curva c (5..10 in), 10 a.	20	20
2	Interruptor automático miniatura, 2 polos, disparo curva c (5..10 in), 4 a.	15	30
3	Sensores de posicionamiento tipo laser	600	1 800
4	sensores inductivos	150	600
1	sensor nivel tipo radar (mide nivel camión)	2 860	2 860
1	sensor nivel tipo radar (mide nivel chute del carguillo)	2 860	2 860
3	lámparas indicadores de presencia de camiones(se activa juntamente con sensores de posicionamiento)	100	300
1	Pulsador de parada emergencia del Ore Bin	Reserva en almacén	0
1	Valeza	50	50
			\$ 8 520

Fuente: Elaboración propia

Los equipos de comunicación lógica PLC que se utilizaron fueron:

Cantidad	Descripción de equipos	Costo Unitario	Costo Total \$
1	PLC micrologix 1100	Reutilizado	0
1	1762-IA8 de 8 entradas 79/132 VAC	195	195
1	1762-OW8 de 8 Salidas a Relay	154	154
1	1762-IF2OF2 de 2 entradas analógicas/2 salidas analógicas	295	295
			\$ 644

Fuente: Elaboración propia

Se concluye que el costo total tanto por el montaje e instalación y equipos utilizados son los siguientes:

Montaje e instalación	0,00	+
Materiales y equipos	8 520,00	
Equipos de comunicación lógica PLC	<u>644.00</u>	
Costo total	\$. 9 164,00	

Tipo de mantenimiento de las máquinas

Para equipos y máquinas del circuito Ore Bin (tolva de carguío). Se ha programado un mantenimiento preventivo de acuerdo al manual del mantenimiento de cada equipo y posteriormente debido a su tiempo de uso (horas de trabajo), tienda a fallar se procederá a realizar el mantenimiento correctivo correspondiente.

Mantenimiento preventivo de los equipos de circuito automatizado Ore Bin:

Cronograma de mantenimiento de los equipos del circuito automatizado ore bin.

Descripción	Tiempo programado
Bombas hidráulicas	Cada 15 días
Líneas de aceite hidráulico	Cada 7 días (parada semanal de chancado)
Compuertas hidráulicas y tanque acumulador de aceite.	Cada 7 días (parada semanal de chancado)
Líneas eléctricas y comunicación	Cada 30 días y cuando falla (mantenimiento correctivo)
Tableros eléctricos de mando	Cada 30 días y cuando falla (mantenimiento correctivo)
Sensores de posición, nivel y carrera	Cada 7 días (parada semanal de chancado)
Equipos de dosificación de cal	Cada 7 días (parada semanal de chancado)

Mantenimiento correctivo:

De ser el caso se procede con el mantenimiento correctivo solamente cuando falle alguno de los equipos u sensores ya que en este caso, el fallo de los sensores y equipos de accionamiento por seguridad y tiempo de vida del equipo tienden a tener una sola vida.

Nosotros alargaremos el tiempo de vida del equipo (sensores) al proporcionarle un debido mantenimiento preventivo. (Limpieza general)

5.7 COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS DE TRABAJO

5.7.1 Comprobación de la hipótesis específica “A”

La hipótesis “A”: El sistema automatizado de la tolva (Ore Bin), disminuye las probabilidades de fallas y desperdicios de tiempos comparados con la operación de carguío manual en la unidad minera Pucamarca.

Los resultados de las tablas N° 01 y 02 permiten comprobar que con el sistema de carguío manual de la tolva Ore bin, en una muestra de trabajo de 6 meses se produjeron 11 fallas en el sistema, lo cual, ocasionó un desperdicio de tiempo de 20 horas con 16 minutos, estas fallas reportadas son por fallas en el sistema de carguío; mientras que con el sistema automatizado, con el mismo tiempo de operación 86 meses 9 solo se produjeron 4 fallas, que significó 5 horas con 40 minutos de tiempos de desperdicio, sin embargo las fallas reportadas no son del sistema, si no, por cortes intempestivos de energía eléctrica. Como podemos apreciar las probabilidades de fallas con el sistema automatizado se redujeron en un 63,63 % en relación al sistema manual; lo cual implica una reducción de desperdicios de tiempos de 15 horas con 24 minutos.

5.7.2 Comprobación de la hipótesis “B”

La hipótesis “B” dice: *El sistema automatizado de la tolva (Ore Bin), incrementa el nivel de carguío de mineral comparados con la operación de carguío manual en la unidad minera Pucamarca.*

a. Planteamiento de hipótesis estadística

Ho: $X_1 = X_2$: El nivel de mineral procesado con el sistema manual igual al nivel de mineral procesado luego de aplicar el sistema automatizado.

Ha: $X_1 < X_2$: El nivel de mineral procesado antes (sistema manual) es menor que el nivel de material procesado después aplicar el sistema automatizado.

b. Resultados aplicando SPSS

Tabla 15. Prueba de muestras relacionadas

Prueba de muestras relacionadas

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Sistema manual-automatizado	-,51128	3,68396	,22588	-,95602	-,06653	-2,264	265	,024

Fuente. Elaboración propia

c. Decisión

Los resultados de la prueba t estudent procesadas mediante el sistema SPSS reportan un p valor de 0,024 a un nivel de significancia del 5 %. Entonces: $p (0,024) < 0,05$ por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, con lo cual, queda comprobado que el sistema automatizado de la tolva Ore Bin es mejor que el sistema manual, al haber incrementado el nivel de carguío de mineral.

5.7.3 Comprobación de la hipótesis “C”

La hipótesis “C” dice: El sistema automatizado de la tolva (Ore Bin) logra optimizar los tiempos de carguío del mineral comparados con la operación de carguío manual en la unidad minera Pucamarca.

b. Planteamiento de hipótesis estadística

Ho: $X_1 = X_2$: El tiempo utilizado en el carguío de mineral con el sistema manual es similar al tiempo utilizado con el sistema automatizado.

Ha: $X_1 > X_2$: El tiempo utilizado en el carguío de mineral con el sistema manual es mayor al tiempo utilizado con el sistema automatizado.

c. Resultados aplicando SPSS

Tabla 14. Prueba de muestras relacionadas

Prueba de muestras relacionadas

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Tiempo sist. manual - Automatizado	.04357	.02084	.00128	.04106	.04609	34 097	265	,000

Fuente: Elaboración propia

d. Decisión

Los resultados de la prueba t estudent procesadas mediante el sistema SPSS reportan un p valor de 0,024 a un nivel de significancia del 5 %. Entonces: $p(0,024) < 0,05$ por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, con lo cual, queda comprobado que el sistema automatizado de la tolva Ore Bin logra optimizar los tiempos de carguío (menor tiempo) comparados con el sistema manual.

5.7.4 Comprobación de la hipótesis general

La hipótesis dice: El sistema de automatización de la tolva ore bin mejora la productividad del sistema de carguío de camiones de transporte de mineral de la unidad minera Pucamarca de la Empresa Minsur.

Comprobada la hipótesis “a”, “b y c, han demostrado que se disminuyeron significativamente las fallas y tiempos muertos, ocasionados por el sistema manual, además se disminuyeron los tiempos promedio de carguío, lo cual, significó un incremento en el carguío de mineral por jornada completa. De este modo, se tiene que en una jornada completa de operación (01 día) con la puesta en marcha del sistema automatizado se ha incrementado el carguío de mineral de 24 068 toneladas (sistema manual) a 27 500 toneladas por día (sistema automatizado), es decir 3

432 toneladas más. Esto ha significado una tasa de incremento del 14,26% en la productividad física del sistema de carguío Ore Bin. Si el valor del mineral puesto en el mercado es de \$ 5,075 x tonelada métrica de mineral chancado de acuerdo a la ley de Au, en la unidad minera Pucamarca Minsur, entonces concluimos que la utilidad de la producción se incrementó en aproximadamente \$ 17 417,4 dólares americanos diarios, en la unidad minera Pucamarca de la empresa Minsur. Con lo cual queda completamente demostrada esta hipótesis.

CONCLUSIONES

1. Con el sistema automatizado se redujo las fallas y tiempos muertos por las paradas que se había en el circuito.
2. Se incrementó la disponibilidad de los equipos en el circuito Ore Bin en un gran porcentaje que beneficio a la producción.
3. Se mejora la utilización de los recursos materiales y humanos al disponer del operador de la cabina de carguío en otras funciones del área.
4. Al optimizar el circuito de carguío se proporcionó mayor confiabilidad y efectividad al funcionamiento del circuito.
5. Se obtiene mayor producción de mineral chancado (tonelaje puesto en pad) por cada guardia.

RECOMENDACIONES

1. Con la automatización de la tolva (Ore Bin), se disminuyó las probabilidades de fallas y desperdicios de tiempos comparados con la operación de carguío manual en la unidad minera Pucamarca.
2. El sistema automatizado de la tolva Ore Bin), incrementó el nivel de carguío de mineral comparados con la operación de carguío manual de la unidad minera Pucamarca.
3. Se determinó que el sistema automatizado de la tolva (Ore Bin), logra optimizar los tiempos de carguío de mineral comparados con la operación de carguío manual en la unidad minera Pucamarca.
4. Se concluye que con el sistema de automatización de la tolva Ore Bin mejoro significativamente la productividad del sistema de carguío de camiones de transporte de mineral de la unidad minera Pucamarca de la empresa Minsur.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Balta Perales, R., A. Vásquez Velásquez, C. A. (2010). Tesis “*Diseño del Sistema de Control automático del proceso de retratamiento del relave en la unidad minera Orcopampa de la empresa buenaventura*”. Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica. Trujillo-Perú. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/215400582/tesis-automatizacion>.

Bruchi Salazar Izaguirre, Alejandro. (2003). “*Automatización*”. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Estado de México.

Bravo Gálvez, Antonio Cesar; (2007). “*Manual de chancado (procesamiento de minerales)*”. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf5/manual-chancado-procesamiento-minerales/manual-chancado-procesamiento-minerales.shtml> (Recuperado 05.08.15)

Chavez vilca, Roly, (2007), Tesis “*Rediseño del Sistema Eléctrico y Automatización del Proceso de Lixiviación “Empresa Baremsa”*”,

Universidad Técnica de Oruro, Facultad Nacional de Ingeniería,
Carrera Ingeniería Electrónica. Bolivia.

Lavandio E. (2008). “*Conozcamos más sobre Minería*”, Instituto de Geología y Recursos Minerales. SEGEMAR, Buenos Aires, Argentina.
Disponible en:

[http://www.segemar.gov.ar/bibliotecaintemin/SEGEMARPublicaciones/SSN03282317\(168\)2008Lavandaio.pdf](http://www.segemar.gov.ar/bibliotecaintemin/SEGEMARPublicaciones/SSN03282317(168)2008Lavandaio.pdf) (Recuperado 20.08.14)

Ojeda Chinchayán, Carlos Miguel, (2012), Tesis “*Diseño de un sistema de automatización industrial para el sistema de bombeo de aguas acidas- centro minero Yanacocha*”, Facultad de Ciencias de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Disponible en:
http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4795/Ojeda_Carlos_Dise%C3%91O_Automatizacion_.Industrial_Bombeo_Aguas_AcidaS.pdf (Recuperado 15.06.15)

Robles Álvarez, Antonio. (2005), “*Introducción a la Automatización de Procesos*”, Regulación Automática II. Universidad de Oviedo.

Topp, V., Soames, L., Parham, D. y Bloch, H. (2008), *“La productividad en la industria minera: Medición e Interpretación, Productividad Comisión Documento de trabajo del personal”*, Disponible en: [http://www.qrc.org.au/_dbase_upl/productivitycomrepminingproductivitydec08\).pdf](http://www.qrc.org.au/_dbase_upl/productivitycomrepminingproductivitydec08).pdf) (Recuperado 23.04.15)

ANEXOS

ANEXO 1

Control de calidad del nuevo sistema de automatización

En la actualidad cumpliendo como lo demanda nuestro mundo globalizado, podemos decir que la empresa Minsur S.A. viene promoviendo el trabajo seguro, preservando el medio ambiente y garantizando la calidad de nuestro trabajo, por ello se ha hecho efectivo el proceso de implementación y certificación del sistema integrado de gestión (SIG).

En el SIG contamos con las siguientes normas aprobadas por nuestro personal a cargo tanto corporativo, como de unidad minera, que son:

OHSAS 18001:2007, Sistema de gestión de Seguridad y Salud Ocupacional.

ISO 14001:2004 Sistema de gestión Ambiental.

ISO 9001:2008 Sistema de gestión de Calidad.

Por lo que podemos decir que nuestro sistema de automatización se ejecutó y dio marcha; respetando los lineamientos y bases que demanda cumplir con las normas antes expuestas las cuales fueron

aprobadas en el marco legal que demanda el ente regulador Internacional. En la norma ISO 9001:2008 (sistema de gestión de calidad), la cual es una normal internacional que especifica los requisitos para un sistema de gestión de calidad. Hemos cumplido en el proceso de instalación y montaje como en el requerimiento de materiales utilizados.

ANEXO 2

Ficha de registro de guardia

REPORTE DE CARGUIO AUTOMATICO DE CAMIONES - OREBIN								
Horas de Trabajo:								
Camión N°				Camión N°				
Ítem	Placa	Cil	Observación	Total	Ítem	Toneladas	Observación	Total
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 3

Registro de incidencias

Guardia	Incidente	Hora	Tiempo	Fecha
B				
B				
A				
A				
A				
B				
B				
A				
A				
B				
A				
Total	Total de fallas			meses

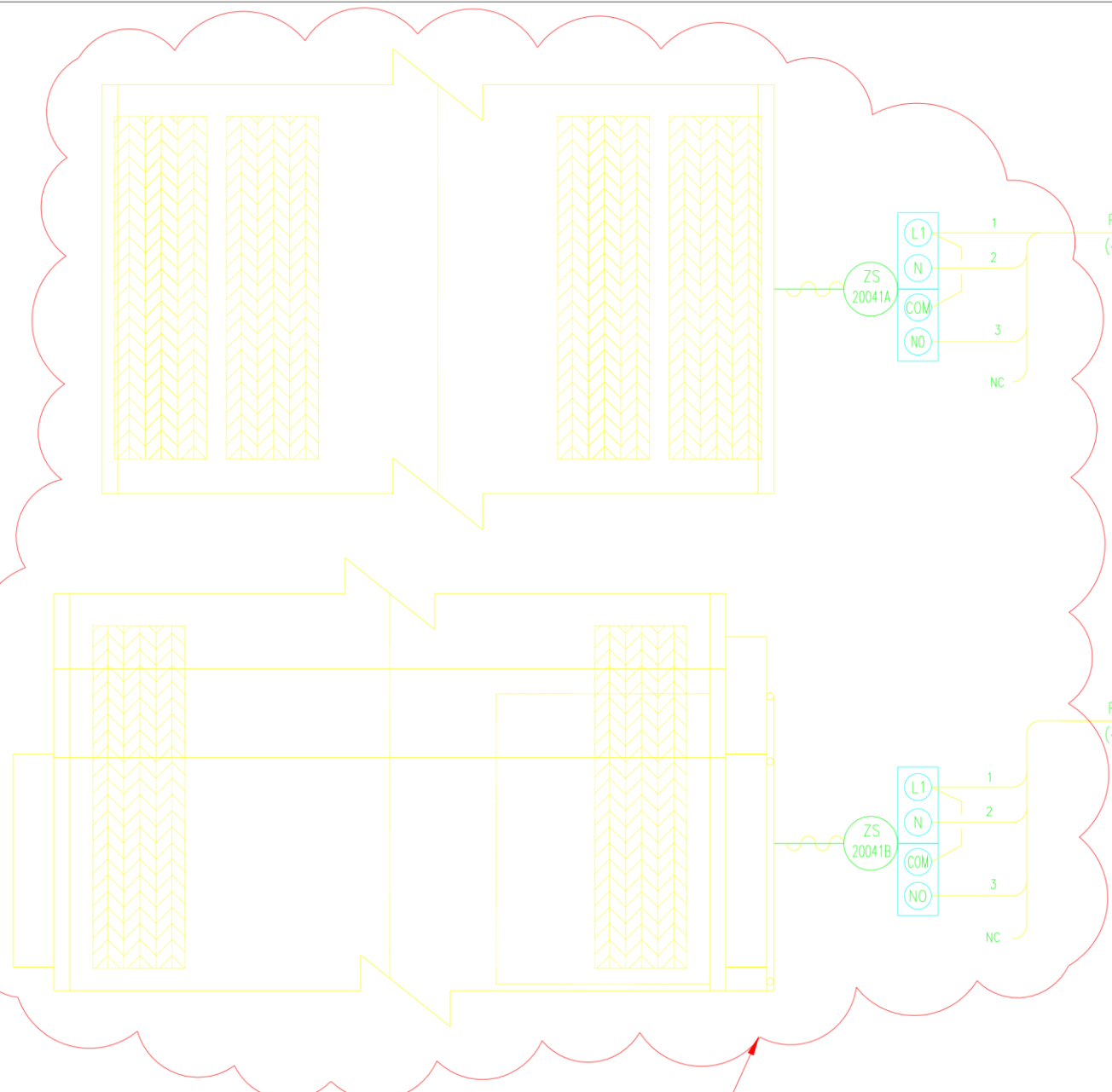
Fuente: Elaboración propia

CONEXIONADO EN CAMPO

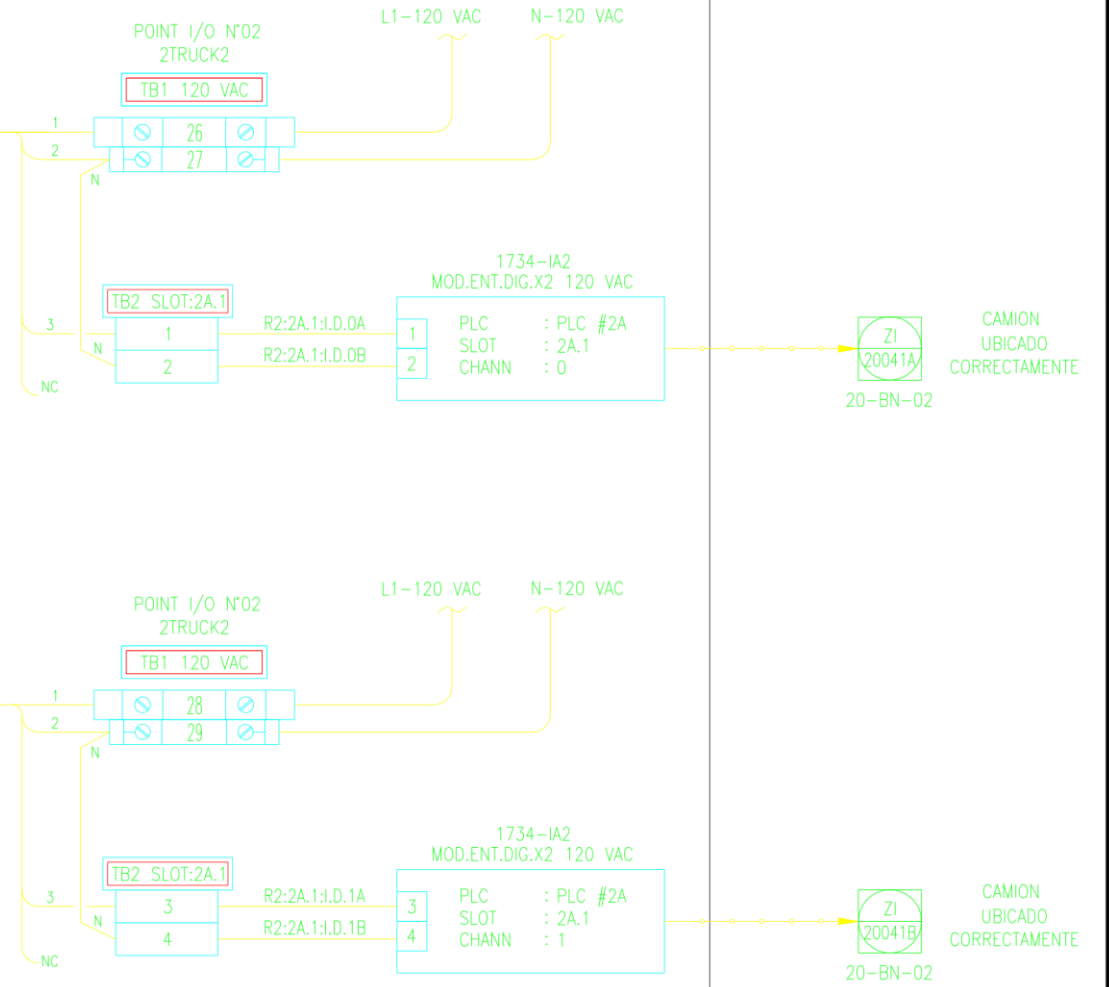
AREA DE RECLAMO DE MINERAL

HMI

PLC #2A



NO SE A CONEXIONADO EN CAMPO



AS BUILT

CONSORCIO



TITULO: PROYECTO PUCAMARCA
 AREA RECLAMO DE MINERAL
 DIAGRAMA DE LAZO - PLC#2A
 POSICIONAMIENTO DE CAMION ZS-20041A, ZS-20041B

E:\jueves_13 de julio de 2015 - TIME: 10:16:20 a.m. - IP: Leticia
 plan electrico\DOCUMENTOS_TESIS - Automatizacion de Ore Bin\Documentos Para Tesis AUTOMATIZACION DE TOLVA ORE BIN\Ultimos planos y tesis final - FILE NAME: PUCAM-20-J-080.dwg

100 18-DIC-12 AS BUILT

L.M. G.M. G.M. J.L.M. J.J.

DISENO:	GOLDER	GOLDER	26-ENE-12
DIBUJO:	L.MENDOZA	L.M.	18-DIC-12
REVISADO:	G.MEDINA	G.M.	18-DIC-12
APROBADO GER. PROY:	J.L.MACCIOTTA	J.L.M.	20-DIC-12

