

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Mecánica



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Proyecto de gestión de las desviaciones en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG, para mejorar los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras.

Para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecánico

Elaborado por

Ivan Ortiz Palomino

0009-0007-5595-0483

Asesor

MSc Enrique Sarmiento Sarmiento

0000-0001-8406-579X

LIMA - PERÚ

2025

Citar/How to cite	(Ortiz, 2025)
Referencia/Reference	Ortiz, I. (2025). <i>Proyecto de gestión de las desviaciones en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG, para mejorar los tiempos de montaje en Plantas Concentradoras</i> . [Tesis, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

*Dedicado a mis padres Jorge y Esperanza, quienes con su apoyo incondicional
me muestran siempre su amor.*

*Dedicado a mi familia (Maria Julia, Ignacio y Leonardo), quienes son la luz de mi vida y el
motor que impulsa mi andar.*

Agradecimientos

Quisiera expresar mi agradecimiento a mi asesor de trabajo de suficiencia profesional, el MSc Enrique Sarmiento, su experiencia y consejos me ayudó en el camino de la ejecución del presente trabajo.

Agradecer a la Universidad Nacional de Ingeniería, donde a través de los catedráticos a lo largo de mis años de estudio, tuve una formación profesional y de valores que ayudaron a construir mi camino y pasión por la carrera escogida.

Agradecer a la empresa donde he desarrollado gran parte de mi actividad, donde he crecido profesionalmente desarrollando proyectos diversos de envergadura, a los diferentes equipos de trabajo con los que he interactuado en diversos proyectos, han sido fuente de conocimiento para seguir desarrollándome profesionalmente.

Agradecer a la Ing. Rosa Quiroz, quien por muchos años ha sido más que mi Líder directo de área, ha sido mi ejemplo para seguir, enseñándome con sabiduría y paciencia a ser mejor cada día, en lo profesional y personal.

Agradecer a Dante Carrillo, con su apoyo brindado en un momento clave de mi trabajo.

.

RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia profesional muestra lo desarrollado en la ejecución de una metodología de gestión de desviaciones en el proceso constructivo de montaje de molinos SAG, para minimizar impactos en el tiempo de montaje empleando el enfoque del círculo de Deming. Presenta en las etapas de planificación, ejecución, verificación; acciones de mejora durante el proceso de los trabajos. Se analiza también el historial de desviaciones en el proceso constructivo de montaje de molinos SAG en 3 proyectos ejecutados por la empresa, estableciendo dimensiones de análisis que permiten una agrupación, facilitando el tratamiento a emplear para eliminar o mitigar las desviaciones. Muestra la metodología empleada para el montaje de 2 molinos SAG en una Planta Concentradora, trabajando en el control del proceso de inspecciones a través del seguimiento del avance en la construcción vs el seguimiento en el avance de la realización de las inspecciones, presentando las inspecciones como herramienta de prevención para la disminución de las desviaciones constructivas, así como la validación en forma oportuna de la terminación de la construcción, se presenta acciones para eliminar o mitigar las desviaciones en temas de preservación, soldadura y propuestas a tener en cuenta para trabajos de colocación de grout (mezcla fluida de materiales cementantes) en la ejecución de este tipo de trabajos de montaje de molinos. Metodología de aplicación general a un proyecto de construcción de Planta Concentradora, como fue empleado en el proyecto trabajado y cuyos resultados permitieron una entrega del proyecto según las metas establecidas.

Palabras clave: Desviaciones, tiempo de montaje, avance de construcción, avance de inspección

ABSTRACT

This professional proficiency thesis presents the developments in the implementation of a deviation management methodology in the construction process for the assembly of SAG mills, to minimize impacts on assembly time using the Deming circle approach. It presents the planning, execution, and verification stages, as well as improvement actions during the work process. It also analyzes the history of deviations in the construction process for the assembly of SAG mills in three projects executed by the company, establishing analytical dimensions that allow for grouping, facilitating the treatment to be employed to eliminate or mitigate deviations. It shows the methodology used for the assembly of 2 SAG mills in a Concentrator Plant, working on the control of the inspection process through the monitoring of the progress in construction vs. the monitoring of the progress of the inspections, presenting the inspections as a prevention tool to reduce construction deviations, as well as the timely validation of the completion of construction, actions are presented to eliminate or mitigate deviations in matters of preservation, welding and proposals to be taken into account for grout placement works (fluid mixture of cementitious materials) in the execution of this type of mill assembly works. Methodology of general application to a Concentrator Plant construction project, as it was used in the project worked and whose results allowed a delivery of the project according to the established goals.

Keywords: Deviations, assembly time, construction progress, inspection progress

Tabla de Contenido

Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPITULO I: 1.Generalidades	1
1.1. Antecedentes de la Investigación	1
1.2. Identificación y Descripción del Problema de Estudio	9
1.3. Formulación del Problema	15
1.3.1. Problema Principal	15
1.3.2. Problemas Específicos	15
1.4. Justificación e Importancia	16
1.5. Objetivos	16
1.5.1. Objetivo General.....	16
1.5.2. Objetivos Específicos	16
1.6. Hipótesis	17
1.6.1. Hipótesis General	17
1.6.2. Hipótesis Específicas.....	17
1.7. Variables y Operacionalización de Variables.....	18
1.7.1. Operacionalización de Variables	18
1.8. Metodología de la Investigación	18
1.8.1. Unidad de Análisis.....	18
1.8.2. Tipo, Enfoque y Nivel de Investigación	19
1.8.3. Diseño de la Investigación	19
1.8.4. Fuentes de Información	19
1.8.5. Población y Muestra	19
1.8.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	19
1.8.7. Análisis y Procesamiento de Datos.....	19
Capitulo II: Marco Teórico y Marco Conceptual.....	20
2.1. Bases Teóricas	20

2.1.1.	Elementos Principales del Molino:	20
2.1.2.	Proceso constructivo del ensamble del Molino SAG	23
2.1.2.1.	Montaje del cuerpo giratorio.....	23
2.1.2.2.	Montaje del motor	27
2.1.2.3.	Montaje de componentes adicionales	27
2.1.3.	Montaje de componentes del Molino SAG	28
2.1.3.1.	Instalación de Tornillos de Elevación (Jackscrew)	28
2.1.3.2.	Instalación de Cojinetes de Alimentación y Descarga de Molino.....	29
2.1.3.3.	Instalación de Descansos Principales.....	30
2.1.3.4.	Instalación de Gatos Hidráulicos.....	30
2.1.3.5.	Instalación de Segmentos de Cojinetes de molino.....	31
2.1.3.6.	Instalación de Segmentos de Empuje (Thrust Pads)	32
2.1.3.7.	Instalación de Cunas o Estructura de Levante del Molino....	33
2.1.3.8.	Instalación de Carcasas (Shell)	33
2.1.3.9.	Instalación de Tapas.....	34
2.1.3.10.	Instalación de Muñón (Trunnion)	35
2.1.3.11.	Bajada o Descenso de Molino	36
2.1.3.12.	Instalación de Base de Freno - Freno	37
2.1.3.13.	Instalación de Adaptador de Tambor, Forro de Muñón y Tambor	38
2.1.3.14.	Instalación de estator.....	39
2.1.4.	Herramientas, materiales necesarios para el montaje del molino SAG	42
2.1.5.	Equipos de medición empleados en el montaje del molino SAG	43
2.1.6.	Maquinas utilizadas en el montaje del molino SAG	44
2.1.7.	Definición del método de gestión de desviaciones.....	46
2.1.8.	Descripción del método de gestión de desviaciones.....	46
2.1.9.	Gestión de la Calidad en el proyecto	47
2.1.9.1.	Circulo de Deming	47
2.1.9.2.	Sistema de Gestión de Calidad.....	48
2.1.9.3.	Plan de Aseguramiento y Control de Calidad (PACC)	50
2.1.9.4.	Plan de Puntos de Inspección y Ensayos (PPIs)	51
2.1.9.5.	Registros de Inspección y Pruebas	51
2.1.10.	Análisis de datos para toma de decisión (Herramientas de calidad)	52
2.1.11.	Consideraciones para la Gestión de Desviaciones	56
2.1.12.	Análisis Modal de fallos y efectos (AMFE)	59

2.2. Marco Conceptual	61
Capítulo III: Desarrollo del Trabajo de Investigación	66
3.1. Situación del proyecto	66
3.2. Dimensiones de análisis.....	70
3.3. Análisis de las Dimensiones.....	76
3.3.1. Inspección y pruebas.....	76
3.3.1.1. Planificación:.....	76
3.3.1.2. Ejecución	77
3.3.1.3. Verificación.....	78
3.3.1.4. Acciones de mejora implementadas	86
3.3.2. Preservación	94
3.3.2.1. Planificación	94
3.3.2.2. Ejecución	96
3.3.2.3. Verificación.....	100
3.3.2.4. Acciones de mejora.....	105
3.3.3. Soldadura	107
3.3.3.1. Planificación	107
3.3.3.2. Ejecución	107
3.3.3.3. Verificación.....	109
3.3.3.4. Acciones de mejora.....	110
3.3.4. Grout	111
Capítulo IV: .Resultados, Contrastación de Hipótesis y Discusión de Resultados.....	115
4.1. Resultados	115
4.2. Contrastación de hipótesis	120
4.3. Discusión de resultados	122
CONCLUSIONES	124
RECOMENDACIONES.....	127
REFERENCIAS	128
ANEXOS	130

LISTA DE TABLAS

Tabla 1-1	Proyectos ejecutados por la empresa en el Sector Minero – Molinos instalados	11
Tabla 1-2	Desviaciones registradas en el Proceso Constructivo, montaje e instalación – Proyecto Quellaveco	12
Tabla 1-3	Desviaciones registradas al proceso constructivo en los trabajos de montaje del Molino SAG, Disciplina Mecánica– Proyecto Quellaveco	13
Tabla 1-4	Variables e indicadores de la investigación	18
Tabla 2-1	Datos del Molino SAG	20
Tabla 2-2	Ciclo PHVA y 08 pasos en la solución de un problema	47
Tabla 2-3	Esquema de desarrollo del PACC	49
Tabla 2-4	Tabla de Gravedad.....	60
Tabla 2-5	Tabla de Ocurrencia	61
Tabla 2-6	Tabla de Detección	61
Tabla 3-1	Tiempos de montaje Molinos SAG	66
Tabla 3-2	Desviaciones constructivas asociadas a suministros del Cliente	67
Tabla 3-3	Ocurrencias Calidad durante la ejecución molino SAG.....	68
Tabla 3-4	Desviaciones distribuidas por dimensión de análisis - Pareto.....	73
Tabla 3-5	Nivel de Prioridad de Riesgo - Pareto.....	74
Tabla 3-6	Control del proceso Inspección y pruebas Molino SAG 1	79
Tabla 3-7	Control del proceso Inspección y pruebas Molino SAG 2	83
Tabla 3-8	Estatus de seguimiento a documentos del área de Calidad	98
Tabla 4-1	Tiempos de entrega proyectos	118
Tabla 4-2	Tiempo de entrega carpetas de construcción (CRPs)	119

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Evolución anual de la producción de cobre - TOP 5 Países productores de cobre	10
Figura 2	Esquema de ubicación de elementos principales del molino - Vista de Planta	21
Figura 3	Esquema de ubicación de elementos principales del molino - Vista Frontal	22
Figura 4	Montaje del molino SAG	26
Figura 5	Secuencia de montaje de estator Molino SAG	28
Figura 6	Distribución de Tornillos de Elevación en Fundación de Cojinete	29
Figura 7	Uso de orejas propias del cojinete para izaje	29
Figura 8	Limpieza y verificación de planicidad.....	30
Figura 9	Limpieza de gatos hidráulicos	30
Figura 10	Imagen de segmentos de cojinete de molino - limpieza de segmentos de cojinete.....	31
Figura 11	Imagen de montaje de segmentos de cojinete – Instalación de mangueras interiores	31
Figura 12	Imagen de riel de empuje o segmentos de empuje	32
Figura 13	Limpieza del segmento de empuje	32
Figura 14	Distribución de cunas molino SAG	33
Figura 15	Secuencia de instalación del montaje de las carcassas molino SAG	34
Figura 16	Alineamiento de tapas con pasador cónico	35
Figura 17	Izaje de muñón.....	35
Figura 18	Instalación de reloj comparador – Control de descenso de molino sobre segmentos de cojinete.....	36
Figura 19	Descenso de Molino Sobre Descansos Principales	36
Figura 20	Instalación de Placas de Nivelación de Placa de Asiento – Instalación de Placa de Asiento	37
Figura 21	Izaje para Montaje del Freno	37
Figura 22	Montaje de Adaptador de Tambor – Posición Final de Adaptador de Tambor.....	38
Figura 23	Forro de Muñón de Alimentación – Forro de Muñón de Descarga.....	39
Figura 24	Izaje de Tambor – Montaje de Tambor.....	39
Figura 25	Instalación de Placa de Asiento.....	40

Figura 26	Instalación de Placa de Pista de Rodillos	40
Figura 27	Montaje de Segmentos Inferiores	40
Figura 28	Montaje de Segmentos Superiores.....	41
Figura 29	Arreglo de Soportes para Montaje de Patines de Ruedas y Posicionamiento de Cilindros hidráulicos	41
Figura 30	Ciclo Deming (PHVA)	48
Figura 31	Pirámide documental del Sistema de Gestión de Calidad	49
Figura 32	Ejemplo de Hoja de recogida de datos	52
Figura 33	Ejemplo de Histograma	53
Figura 34	Ejemplo de Diagrama de Pareto.....	53
Figura 35	Ejemplo de Diagrama de Espina de Pescado.....	54
Figura 36	Ejemplo de Grafico de Control.....	55
Figura 37	Ejemplo de diagrama de dispersión.....	55
Figura 38	Ejemplo de estratificación.....	56
Figura 39	Constructo – Gestión de desviaciones en el proceso constructivo Molino SAG	62
Figura 40	<i>Impacto de las desviaciones en el montaje del molino SAG 1</i>	69
Figura 41	Impacto de las desviaciones en el montaje del molino SAG 2	70
Figura 42	<i>Desviaciones al proceso constructivo registradas en montaje de molino SAG</i>	72
Figura 43	Nivel de Prioridad de Riesgo - Diagrama de Pareto	75
Figura 44	Metodología seguida para Inspección y pruebas.....	76
Figura 45	Curva S – Avance Construcción vs Avance inspecciones Molino SAG 1 ...	80
Figura 46	Indicador I(%) - Control del proceso inspección y pruebas Molino SAG 1 ..	80
Figura 47	Desviaciones generadas en Molino SAG 1.....	82
Figura 48	Curva S – Avance Construcción vs Avance inspecciones Molino SAG 2 ...	84
Figura 49	Indicador / (%) - Control del proceso inspección y pruebas Molino SAG 2 .	84
Figura 50	Desviaciones generadas en Molino SAG 2.....	86
Figura 51	Capacitaciones Molino SAG – Inspectores Calidad.....	87
Figura 52	Programa de Capacitaciones Temas: Molino SAG, preservación equipos, soldadura, ajuste de pernos – Mes setiembre 2021	89
Figura 53	Listado de protocolos - Inspecciones disciplina Mecanica	90
Figura 54	Panel de Indicador mensual de No Conformidades.....	91
Figura 55	Modelo programa diario de inspecciones Molino SAG	92
Figura 56	Esquema ruta y tiempos de desplazamiento de Molienda a Oficinas principales.....	93
Figura 57	Zona de archivo de protocolos de inspecciones	93

Figura 58	Infraestructura - Oficinas de trabajo.....	94
Figura 59	Infraestructura - Oficinas de trabajo.....	94
Figura 60	Esquema de ubicación de Almacén del Cliente - Planta de Molienda.....	95
Figura 61	Distribución inspectores Calidad Molino SAG - Almacén Cliente.....	96
Figura 62	Lista de documentos aplicables a preservación de equipos Molino SAG ...	97
Figura 63	Seguimiento de matriz de preservación en listado de documentos	98
Figura 64	<i>Extracto de formato de inspección de recepción de la unidad de lubricación del molino SAG 2</i>	99
Figura 65	Personal realizando labores de preservación (limpieza – cubierta) en segmentos de anillo rozante de estator molino SAG	100
Figura 66	Segmentos de estator de molino SAG en preservación.....	101
Figura 67	Unidad de lubricación de los descansos del molino SAG en preservación	101
Figura 68	Unidad hidráulica del sistema de freno del molino SAG en preservación .	102
Figura 69	Zona de almacén de componentes del estator de molino SAG en Planta de Molienda	102
Figura 70	Desviaciones de preservación generadas en Molino SAG 1	104
Figura 71	Desviaciones de preservación generadas en Molino SAG 2	104
Figura 72	Inspecciones de preservación materiales y equipos – Planta Concentradora	106
Figura 73	Tarjeta de equipo en preservación	106
Figura 74	Instalaciones para la actividad de ensayos no destructivos	108
Figura 75	Cuadro de control de discontinuidades en soldadura detectado por gammagrafía	109
Figura 76	Cuadro de control de discontinuidades en soldadura detectado por gammagrafía	109
Figura 77	Control del Índice de rechazo en soldadura en proyecto	110
Figura 78	Esquema referencial de aplicación de grout en maquinaria.....	112
Figura 79	Almacenamiento de grout.....	113
Figura 80	Trabajos para colocación de grout	113
Figura 81	Inspección de condiciones ambientales antes-durante-después de la colocación del grout	114
Figura 82	Muestreo de probetas para ensayos de resistencia.....	114
Figura 83	Impacto desviaciones en el montaje del molino SAG 1 y 2.....	115
Figura 84	Control de cierre de desviaciones - Proyecto Concentradora	117
Figura 85	Control del proceso de inspecciones vs avance construcción	118
Figura 86	Reconocimiento de Calidad otorgado por el Cliente	119

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de suficiencia profesional se presenta como gestionar, eliminar o minimizar el impacto de las desviaciones del proceso constructivo en el montaje de molinos SAG en un Proyecto de Planta Concentradora, se presentan estadísticas de proyectos anteriores de desviaciones ocurridas y se describe la metodología empleada en la ejecución del proyecto bajo el enfoque del círculo de Deming en las etapas de Planificación, Ejecución, Verificación y Acciones de mejora.

En el capítulo I, se presenta los antecedentes de la investigación, la problemática, los objetivos, justificación e hipótesis.

En el capítulo II, se presenta al marco teórico aplicable al estudio realizado, procedimiento de montaje de molino SAG, círculo de Deming, Gestión de desviaciones, análisis modal de fallos y efectos, así como definiciones de palabras clave.

En el capítulo III se presenta el desarrollo del estudio, impacto de las desviaciones en el proyecto, metodología desarrollada durante el proceso constructivo para eliminar o mitigar las desviaciones, consideraciones a tener en cuenta para la prevención de desviaciones durante el proceso constructivo.

En el capítulo 4 se presenta los resultados obtenidos, contrastación de hipótesis y la discusión de resultados comparado con otras investigaciones similares.

CAPITULO I

Generalidades

1.1. Antecedentes de la Investigación

Deudor Condezo (2021)¹, en su trabajo de investigación hace un análisis de los defectos que se presentan en la fabricación de carrocerías en una fábrica de Volkswagen en Navarra – España. Para la fábrica de carrocería en estudio, se tiene una demora en el inicio de la producción debido a defectos en los productos que forman parte de la carrocería. Existe un área de retrabajo encargada de corregir defectos. En el lote de muestra para inicio del estudio se contabilizan 168 defectos distribuidos en las diferentes partes que conforman la carrocería con un tiempo de retrabajo promedio por carrocería de 54.5 horas. Como objetivo propone un método de gestión de defectos para mejorar los tiempos de fabricación de carrocerías. En el trabajo de investigación aplica la metodología de la mejora continua del círculo de Deming (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar [PDCA]), utiliza las herramientas de calidad: Hojas de control, Diagrama de Pareto, Diagrama Causa – Efecto, Hojas de Verificación y Análisis de Causa Raíz (5 porqués). Se trabaja en los siguientes puntos:

Planificación: Análisis de la situación inicial de los defectos que se generan en el proceso de producción y establecimiento de metas objetivo en plazos establecidos. Se establecen reuniones de revisión de los defectos encontrados y se designan responsables para tratamiento por tipo de defecto.

Hacer: Se ejecutan las acciones requeridas para cumplir con las metas y plazos establecidos en la etapa de Planificación. Utiliza las herramientas de control de calidad como diagramas causa – efecto, análisis de los 5 porques para tratamiento de los defectos que se encuentran en el proceso de producción. Se ejecutan medidas correctoras para evitar recurrencia.

¹ Deudor Condezo, Israel Angel (2021), Propuesta de un método de gestión de defectos para mejorar el inicio de operación de una fábrica de carrocería de automóviles [Trabajo de Suficiencia Profesional, Universidad Nacional de Ingeniería].

Verificar: Con el método de gestión implementado en el paso anterior se realizan las verificaciones periódicas del correcto funcionamiento, se trabaja en ver como mejoran los indicadores de tiempos de retrabajos y cantidades de defectos generados.

Actuar: Se identifica las oportunidades de mejora a la gestión de defectos implementada, se establece tiempos de revisión periódica de resultados para que sea sostenible en el tiempo la metodología implementada al proceso de producción.

La metodología empleada logra la mejora del proceso productivo, en el tiempo de la investigación realizada se tiene una reducción de defectos en el proceso de producción de 168 en la semana 1 a 57 en la semana 17, también se tiene como resultado la disminución del tiempo de retrabajo por carrocería de 54.5 Hrs (semana 1) a 5.8 Hrs (semana 17). Se concluye que la recolección de datos y el uso de indicadores del proceso productivo permite la mejora continua en el proceso productivo.

Espinoza Arias (2019)², en su trabajo de investigación hace un análisis de los defectos que se presentan en la fabricación de envases producidos por una empresa de plásticos en la línea productiva de soplado. En las líneas de producción (soplado / inyección) se presenta lo siguiente que no llega al nivel esperado según resultado de sus indicadores:

Utilización de máquina = promedio de 87% (inyección) y 79% (soplado), meta 90%

Rendimiento efectivo = promedio de 91% (inyección) y 80% (soplado), meta 95%

No Conformidad = promedio de 4.60% (inyección) y 6.92% (soplado), meta 4%

Material Remolido = promedio de 6.95% (inyección) y 19.26% (soplado), meta 5%

La investigación tiene como objetivo reducir la cantidad de productos defectuosos generados en el proceso de fabricación aplicando el método PDCA y manufactura esbelta. En base al análisis de indicadores se establece el alcance del estudio que se realizará en la línea de soplado.

² Espinoza Arias, Anthony Moisés (2019), Propuesta de mejora continua en el proceso de producción de una Planta de Plásticos mediante la metodología PDCA y manufactura esbelta [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]

Utiliza la metodología del círculo de Deming (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar [PDCA]) y las 5 S (SEIRI – Clasificar, SEITON – Ordenar, SEISO - Limpiar, SEIKETSU – Estandarización, SHITSUKE – Disciplina), el trabajo comprende las siguientes etapas:

Planificar: Identifica oportunidades de mejora y problemas que se tienen en el proceso productivo por lo cual se genera la alta cantidad de productos defectuosos en el proceso de producción de envases plásticos. Revisa documentación del proceso existente, implementa registros de control del proceso adicionales requeridos. Se genera un diagrama SIPOC (Suppliers [proveedores], Inputs [entradas], Process [proceso]) Outputs [salidas] y Customers [clientes]) para entendimiento del proceso y entender los parámetros específicos que se deben cumplir para aceptación del producto por sus clientes. Se realiza análisis de causas potenciales de la generación de defectos y análisis 5 porqués, establece acciones correctivas para ejecutarse en un plazo definido.

Hacer: Ejecuta lo establecido en la etapa de planeamiento, refuerza el recurso humano necesario en puntos identificados del proceso que deben aumentarse / mejorarse, se trabaja siguiendo la filosofía de las 5 S como parte del proceso productivo por cada operario.

Verificar: Se verifica la efectividad de las acciones implementadas para la mejora del proceso, se seleccionan lotes de muestreo, se registran las cantidades de defectos encontrados, se establecen límites de control máximos y mínimos. Se realizan los controles requeridos para asegurar la consistencia de los datos.

Actuar: Se hace la retroalimentación de lo ejecutado en las etapas de planeación, hacer, verificación como parte de la mejora continua y asegurar sostenibilidad en el tiempo.

Como resultado de su trabajo, la implementación de la metodología del círculo de Deming (PDCA) logra la reducción de defectos en la producción de plásticos, obtiene una mejora en el indicador de no conformidad de 6.92% antes de la implementación a 2% después de la implementación, obtiene una reducción de la defectuosidad de 19.26% antes de la implementación a 5.72% después de la implementación, el rendimiento efectivo por maquina aumenta de 86% antes de la implementación a 96% después de la

implementación, el porcentaje de utilización de maquina aumenta de 79% antes de la implementación a 89% después de la implementación.

Rojas Soto (2021)³, plantea la mejora de la productividad y confiabilidad de los procesos constructivos en Plantas Mineras aplicando la metodología de Lean Construction, estudio realizado en el ensamble de molinos en el proyecto de expansión de las minas Cerro Verde y Toquepala. La empresa en estudio ejecuta trabajos de ensamble de molinos en Plantas Concentradoras en el sector minero, donde la mayoría de sus procesos constructivos son desarrollados por Mano de Obra, presentándose baja productividad, gasto excesivo de recursos debido a la falta de desarrollo de un estudio de constructibilidad en la etapa previa a la construcción.

La investigación tiene como objetivo mejorar la productividad (plazos de ensamble) y la reducción de costos de construcción en la actividad de ensamble de molinos, aplicando la filosofía de Lean Construction. La investigación trabaja el Estudio de Constructibilidad, Modelamiento 3D, Sectorización, Planeamiento Pull, Planificación General o Macro, Estimación de Mano de Obra, Planificación Intermedia o Lookahead, Planificación Semanal, Nivel General de actividades, Cartas Balances.

Rojas Soto (2021) cita lo siguiente:

Según Lean Construction Institute (ILC), “Lean Construction” es una filosofía que se orienta hacia la administración de la producción en construcción y su objetivo principal es reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al proyecto y optimizar las actividades que si lo hacen, por ello se enfoca principalmente en crear herramientas específicas aplicadas al proceso de ejecución del proyecto y un buen sistema de producción que minimice los residuos, entendiéndose por residuo todo lo que no genera valor, a las actividades necesarias para completar una unidad productiva. (p. 18)

³ Rojas Soto, C. E. (2021), Planeamiento para el ensamble de Molinos en Plantas Concentradoras aplicando la filosofía Lean Construction [Trabajo de Suficiencia Profesional, Universidad Nacional de Ingeniería].

Se presenta lo siguiente como Residuo, puntos que deben trabajarse para minimizar o eliminar y lograr el éxito esperado del proyecto: Retrabajos, Esperas, Sobre proceso, Sobreproducción, Inventario excesivo, Transporte Innecesario, Movimiento no útil de personas, Subutilización del personal.

Como resultado de la implementación de la metodología del Lean Construction se logra el incremento del trabajo productivo (TP) en la cuadrilla de montaje de molinos de 39.2% a 49.9% sobre un objetivo planteado de 50.9%, mejora los plazos de ejecución en comparación con proyectos donde no se aplicó la metodología de Lean Construction, obteniendo un promedio de tiempo 1.2 veces mayor del real versus el planeado, esto permite una mejora en el entregable del cronograma al tener mayor confiabilidad, mejora los tiempos que se utilizan en los trabajos productivos, contributorios y no contributorios.

Peña Moreno (2020)⁴, en el trabajo de investigación se analiza el método constructivo mecánico de instalación de 01 molino SAG de 15' x 16' en la planta concentradora del Proyecto Tambomayo. Se observa en trabajos de la fase de comisionamiento de molinos SAG que se presentan fallas mecánicas producto de una mala instalación, generando atraso en los tiempos de entrega al Cliente final. El objetivo de la investigación es facilitar el comisionamiento de un molino SAG mediante un método previo constructivo de ensamble del molino tomando como base la aplicación del PMBOK.

Estructura la metodología de trabajo del proceso constructivo bajo el enfoque de la Guía “Cuerpo de conocimientos de la gestión de proyectos (PMBOK)” para la entrega oportuna a la parte de comisionamiento. Presenta el proceso constructivo de montaje del molino, seguimiento y control de calidad a los trabajos de instalación del molino siguiendo el Plan de Puntos de Inspección (PPI), donde los registros de control debidamente validados son la evidencia de cumplimiento del PPI para una correcta instalación,

⁴ Peña Moreno, Bruno Martin (2020), Análisis del método constructivo mecánico basado en el PMBOK para facilitar el comisionamiento de un molino tipo SAG en una Planta Concentradora [Trabajo de Suficiencia Profesional, Universidad Nacional de Ingeniería].

permitiendo asegurar la reducción de fallas y entrega en plazo a la siguiente etapa de comisionamiento.

La aplicación de la metodología del PMBOK en los trabajos de construcción facilita el comisionamiento del molino, para el estudio realizado se logra la reducción del porcentaje de fallas ocurridas durante el comisionamiento en 73.7%, se reduce el costo del proyecto en 33.61% y se tiene una reducción del tiempo de ejecución del proyecto en 65 días.

Juarez Álvarez (2022)⁵, en su investigación desarrolla un procedimiento de trabajo para instalación de un molino mediante la metodología VDI 2221 llamada: “Enfoque sistemático para el diseño de sistemas técnicos y productos” (Webinar ASME, 2021). La cual lleva de manera sistemática un proceso de análisis de un problema abarcando todo lo que sea posible genéricamente y después lo subdivide en partes, teniendo así varias soluciones para las distintas partes y de esta forma al combinarlas se obtiene una solución general óptima. El trabajo se sustenta en la problemática que debido a la complejidad de instalación de un molino SAG, es requerido tener un procedimiento de trabajo que describa en forma ordenada y secuencial la actividad del montaje, así como consideraciones especiales a tener en cuenta en el trabajo. Se plantea como objetivo realizar un montaje del molino acorde a los requisitos requeridos, elaborando un procedimiento de montaje de molino SAG de 40'X26' aplicando la metodología VDI 2221, contar con el sistema estructural de facilidades que soporte las cargas requeridas durante las actividades de montaje, determinar el sistema de levante del cuerpo del molino, establecer tareas para la realización de los izajes y manipulación del equipo SAG en su posición de trabajo requerido, establecer los lineamientos de trabajo que aseguran el correcto alineamiento del molino.

En su investigación abarca desde el diseño de utilajes requeridos para el montaje y el paso a paso requerido en el procedimiento de montaje.

⁵ Juarez Álvarez, Jose Miguel (2022) Aplicación de metodología VDI 2221 para elaborar procedimiento óptimo de montaje de molino SAG de 40'x26' [Tesis de grado, Universidad Católica de Santa María].

El autor concluye que aplicando la metodología VDI 2221 llega a la determinación de la solución óptima para elaborar el procedimiento del montaje del molino SAG 40' x 26'.

Artículo Científico:

Moreno Pino, Nápoles Rojas y Batista Moreno (2019)⁶, en su trabajo de investigación presentan la implementación de un Sistema de Gestión de Calidad bajo el enfoque de la norma ISO 9001, en una Dirección integrada de Proyectos, aplicado en la empresa ESI-DIP Trasvases en Mayarí, Cuba. Se busca reducir la problemática de perdidas en el presupuesto del estado durante la ejecución del proyecto, así como reprocesos o retrabajos que generan costos adicionales y recursos materiales adicionales para el cumplimiento de las obras de trasvases.

La investigación tiene como objetivo mostrar como a través de la implementación de un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) en una Dirección Integrada de Proyectos permite mejores resultados de las obras de trasvases de: Canales, túneles, presas y puentes canales, lo que permitirá aprovechar mejor el recurso hídrico de la zona Este del municipio de Mayarí con una permanencia del recurso, la mejora en la dimensión social, ocupacional y productiva de la zona.

La metodología empleada es a través del estudio y análisis de experiencias diversas en cuanto a la implementación de un SGC. Menciona como un aspecto a tener en cuenta al inicio de la implementación del SGC son las relaciones, actitudes, comunicación y no solo el marco documentado de los procesos de control. Citando una parte del artículo menciona:

El análisis y comprensión de estas peculiaridades es clave en la implantación del modelo ISO 9001, cuyo éxito no depende únicamente de procesos y procedimientos bien definidos, sino que su aplicación efectiva depende de "los procesos" y " las personas", por

⁶ Moreno Pino, M., Nápoles Rojas, L. y Batista Moreno, R. (2019). "Gestión de la calidad en una obra constructiva hidráulica aportando a la sostenibilidad" [Revista de Desarrollo Sustentable, Negocios, Emprendimiento y Educación RILCO DS, n. 2 (diciembre 2019)].

lo que las capacidades de los practicantes juegan un papel importante para la implementación del SGC. (Abdullah, 2009, p. 5)

En base al estudio realizado se identifican las variables que intervienen (Política, Objetivos, Documentación, indicadores de procesos, acciones correctivas y preventivas, auditorias, motivación, índice de satisfacción, etc.) y se forman agrupaciones para poder trabajarlas (Formación-Diseño-Actuación-Diagnostico-Operación). En base al estudio realizado se diseña el procedimiento general en 5 etapas para la implementación del SGC en la DIP y su aplicación en la empresa ESI-DIP Traslases. Etapas que son: Liderazgo, Diagnostico, Diseño e Implementación del Sistema, Control y Mejora.

Como resultado obtenido se ha logrado una mejora en los resultados de las obras y sus aportaciones a la comunidad como: Mejoras en el suministro de agua a través de las obras de traslases en las localidades que presentan severa sequía, ha reestablecido los ecosistemas de las áreas vecinas relacionados con el agua, ha permitido que el pueblo de Mayarí sea sostenible a través de las obras que llevan agua para la agricultura, industria y a los asentamientos humanos de la zona.

Libro:

Gutierrez Pulido (2010)⁷, en su libro “Calidad Total y Productividad” hace un análisis de la importancia de la calidad en un mundo globalizado, busca el correcto entendimiento de los principios de la gestión que tienen que ser llevados por una organización. Tal como lo menciona el autor:

Sin embargo, en ocasiones estas actividades no se han desarrollado a partir de un entendimiento profundo de lo que está ocurriendo en el interior y exterior de la organización, se han pasado por alto aspectos tan básicos como entender por qué la calidad y la satisfacción del cliente son factores clave de la competitividad; no se han analizado críticamente las prácticas e inercias en el interior de las organizaciones y las actividades tendientes a mejorar no se han basado en el conocimiento de los principios y

⁷ Gutierrez Pulido, Humberto (2010), *Calidad Total y Productividad*. Mc Graw Hill.

elementos básicos de la gestión de las organizaciones. Además, en ocasiones la alta dirección no ha estado convencida realmente de la necesidad de cambiar y mejorar de fondo, ha faltado disciplina, visión y conocimiento para encabezar un verdadero plan de mejora. De esta manera, las actividades e intentos de mejora han sido con frecuencia respuestas pasajeras que poco a poco se han olvidado, como le pasa a una moda. (Gutierrez Pulido, 2010, p. 15).

La metodología empleada es a través de una presentación de temas que abarca los conceptos de calidad, productividad y competitividad, la importancia del desarrollo de la persona como factor clave del éxito. Hace una presentación histórica de la filosofía de calidad a través de los años, presenta los enfoques de gestión de calidad ISO 9000, ISO 9001, hace una revisión de la metodología del círculo Deming (Planear, Hacer, Verificar, Actuar), presentado una implementación de estrategia de mejora en la organización. Presenta metodologías para el análisis de datos a través de la aplicación de las herramientas de calidad (Diagrama de Pareto, Hojas de verificación, Diagrama causa-efecto, diagramas de dispersión, cartas de control).

El resultado esperado es mejorar la integración de los elementos básicos de un sistema de calidad: Proceso de diseño y rediseño, Monitoreo y Control de procesos, Mejora de procesos.

1.2. Identificación y Descripción del Problema de Estudio

La minería es una actividad de importancia a nivel mundial, “el 45% de la economía mundial, de su actividad, está impulsada por el sector minero”. Esta frase, pronunciada por Mark Cutifani, director ejecutivo de Anglo American PLC, una de las mayores compañías mineras del globo, en la convención internacional de CIM (Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum) en mayo de 2021, pone sobre la mesa la importancia vital de la minería para garantizar la estabilidad de la economía y de sus ciudadanos (Web Minería Sostenible de Galicia).

La minería es una de las actividades más importantes del Perú, INEI (2019). Las empresas mineras desarrollan grandes proyectos de construcción de nuevas plantas de

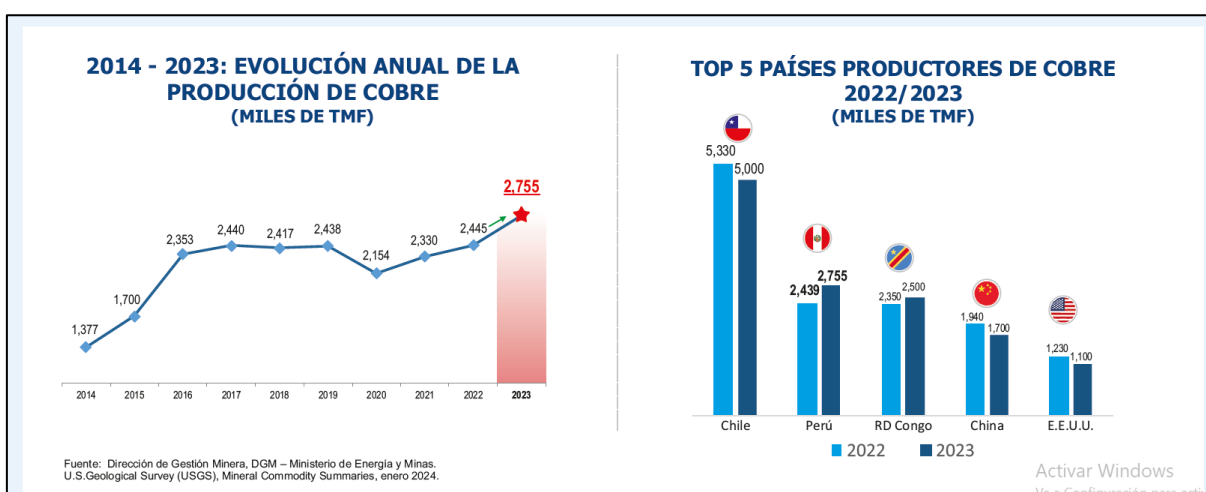
procesamiento, cuyas exigencias demandan cumplir lo establecido en los contratos en cuanto a calidad, costo y tiempo de ejecución del proyecto.

En los últimos años en el Perú se han ejecutado proyectos mineros de gran envergadura, en el mundo el Perú se encuentra posicionado con productos como el cobre, plata, oro, zinc.

De acuerdo con el boletín estadístico minero (Diciembre 2023) emitido por el Ministerio de Energía y Minas, el Perú se encuentra en el TOP 5 de los países productores de cobre, en la figura siguiente se muestra la evolución anual de cobre y la posición del Perú respecto a este mineral.

Figura 1

Evolución anual de la producción de cobre - TOP 5 Países productores de cobre



Nota. Adaptado del Boletín Estadístico Minero (p. 4) Edición N°12 – 2023, por el Ministerio de Energía y Minas del Perú

Un proyecto minero comprende la instalación de una serie de equipos que siguen una secuencia lógica para el procesamiento del mineral que se requiere extraer, equipos agrupados que forman la Planta de procesamiento. En la fase de construcción de la Planta, el área de molienda es donde se presta especial atención, en esta área se instalan los equipos denominados molinos, considerados como el corazón de la planta, por estos equipos es donde ingresa el material a procesar y se obtiene al tamaño requerido para seguir el circuito de procesamiento y obtención del producto final. El montaje del molino es

una actividad crítica ya que, cualquier problema que derive en demoras en su instalación repercute negativamente en el cumplimiento de los hitos del proyecto e inicio de las pruebas para operación.

El trabajo de investigación se realiza en base a la experiencia profesional desarrollada en el Montaje de Molinos SAG de la Planta Concentradora Quellaveco, con una empresa líder en el sector construcción, que tiene en su haber una variedad de proyectos mineros ejecutados en el país.

En la tabla 1-1 se mencionan algunos proyectos ejecutados por la empresa constructora en el Perú:

Tabla 0-1

Proyectos ejecutados por la empresa en el Sector Minero – Molinos instalados

Ítem	Proyecto	Lugar	Periodo	Molinos instalados
1	Quellaveco	Moquegua-Perú	2019-2022	02 Molinos de Bola de 28' x 44.5' 02 Molinos SAG de 40' x 24'
2	Toquepala	Tacna-Perú	2016-2018	02 Molinos de Bolas de Ø7.6m x 12.4m 02 Molinos Verticales de 4.27m(b) x 3.94m(h)
3	Inmaculada	Ayacucho-Perú	2014-2015	01 Molino Bola de Ø18' x 27' 01 Molino SAG de Ø10' x 20'
4	Cerro Verde II	Arequipa-Perú	2013-2015	06 Molinos de Bolas de Ø27' x 48'
5	Las Bambas	Apurímac-Perú	2012-2015	02 Molinos SAG de 40'
6	Toromocho	Junín-Perú	2012-2013	02 Molinos de Bolas de 40' x Ø26' 01 Molino SAG de 40'
7	Antapaccay	Cuzco-Perú	2010-2012	02 Molinos de Bolas de Ø25' x 40' 01 Molino SAG de 40'

Nota. Elaboración propia de la empresa constructora

Para entender la magnitud del problema es importante conocer las desviaciones que suceden durante el montaje de un molino SAG. Las desviaciones se detectan durante los procesos de inspección (Puntos de control de calidad), definidos en los requerimientos técnicos de instalación. Las desviaciones pueden ser no conformidades o reportes de observación y pueden estar asociadas a diferentes causas como humanas, técnicas o propias de la organización. El análisis de las desviaciones conlleva a la implementación de acciones correctivas para evitar la recurrencia de estas o reducir su impacto.

Se presenta en la tabla 1-2 la cantidad de reportes de desviaciones registrados en el proyecto Planta Concentradora Quellaveco ejecutado en el periodo del 2019 al 2022 en la Región Moquegua, en las diferentes disciplinas constructivas. Siendo el objeto de estudio de la presente investigación lo ocurrido en el ensamble del molino SAG se presenta en la tabla 1-3 el detalle de las 08 desviaciones registradas durante el proceso constructivo.

Tabla 0-2

Desviaciones registradas en el Proceso Constructivo, montaje e instalación – Proyecto Quellaveco

Ítem	Disciplina	Reportes de desviación al proceso constructivo	Reportes de desviación registradas al proceso constructivo de montaje del molino SAG en la disciplina mecánica
1	Civil	116	---
2	Estructuras Metálicas	30	---
3	Mecánica	64	08
4	Tubería	49	---
5	Electricidad & Instrumentación	92	---
TOTAL		351	08

Nota. Elaboración propia de la empresa constructora

Tabla 0-3

Desviaciones registradas al proceso constructivo en los trabajos de montaje del Molino SAG, Disciplina Mecánica– Proyecto Quellaveco

Ítem	Fecha de apertura del documento	Código del documento de registro de la desviación	Descripción de la desviación
1	18/09/2020	QSR-CC3-172-65-063	En inspección efectuada el día 18-09-2020 se evidencia observaciones en la preservación de elementos instalados en obra que están en custodia de la contratista como sigue: -Se observa que se han instalado los cojinetes de los Molinos SAG y Bolas 2, y no se han cubierto adecuadamente para su protección.
2	19/11/2020	QSR-CC3-172-55-088	En inspección efectuada el día 19/11/2020 se observa deficiente manipuleo en el transporte y falta de preservación de los pernos SPC4 destinados al armado de la carcasa del molino SAG 2.
3	10/02/2021	QSR-CC3-172-56-120	Se verifica en campo que no se está reportando el control de parámetro de Preservación del Estator 3210-MI-004-MO1 ubicado en edificio de Molienda, solo se tiene reportado hasta el 30 de enero del 2021, según la matriz de Almacenamiento y Preservación Disciplina Mecánica en punto PM-009.8 indica que las condiciones climáticas: Humedad del aire <85%, Temperatura ambiente= -10°C (14°F) bis 50°C (122°F).
4	05/06/2021	QSR-CC3-172-56-146	En inspección realizada el 05-06-2021, a la instalación de los anillos rozantes del estator del Molino SAG 2 y estator de Molino Bolas 2, se observa que se ha realizado el soldeo entre uniones Segmentos de Anillos Rozantes de los Estatores, sin contar con plano que especifique soldadura en campo , adicionalmente se incumple lo indicado en el Procedimiento de soldadura .
5	24/01/2020	NCR-CC3-172-10-020	En inspección en el área de molienda y espesador de relaves se observa pernos de anclaje almacenados con oxido y base de pernos de anclaje instalada sin la protección adecuada y con presencia de oxido.
6	04/06/2022	NCR-CC3-172-55-089	Durante la inspección realizada el 04-06-2022, se detectó que un esparrago de sujeción del tacómetro se encuentra fisurado del anillo rozante MS1 del Molino SAG 1.
7	26/07/2022	NCR-CC3-172-55-096	El día 11-Jun-2022 se realizó una inspección interna del estator y rotor del motor del Molino SAG2 para identificar posible anomalía entre los polos 17-18 y 61-62 de rotor debido a información de presencia de ruido eléctrico en medición de sensores entrehierro

Ítem	Fecha de apertura del documento	Código del documento de registro de la desviación	Descripción de la desviación
8	04/08/2022	NCR-CC3-172-56-098	(airgap) cuando los mencionados polos se encuentran en la zona de medición se observa discontinuidades (posible fisura), en el soldeo entre uniones de segmentos del anillo rozante, indicados en el informe de SIEMENS. En inspección realizada el día 02-08-2022, al sistema antipolvo y protección contra lluvias del motor GMD lado carga y descarga del molino SAG 01 de TAG: 3210-MI-001-MO1 se observa lo siguiente: -Se observó que falta soporte tipo grapa de cepillo. Se encontró un perno de apriete de la grapa de sujeción del cepillo (escobilla) roto, el cual fue cubierto con silicona. Grapa de tope de cepillo con una tuerca faltante. Tuercas sueltas en tope que sujeta los cepillos antipolvo. La contratista no muestra protocolos específicos de control de torque de los pernos que fijan las grapas y los topes de los cepillos, no cuenta con un detalle de plano y no tiene un valor de torque en el listado de pernos del fabricante para estos pernos que son M6 grado 8.8, tampoco ha realizado la consulta acerca de qué valor de torque aplicar para su ajuste y si debe usar un elemento traba-tuerca que asegure que no se suelten por el movimiento dinámico del motor.

Nota. Elaboración propia de la empresa constructora

Durante el proceso constructivo se presentan desviaciones al proceso que impactan en el trabajo de montaje del molino SAG, la falta de un método para gestionar la aparición de desviaciones constructivas genera mayor consumo de horas hombre en ejecutar acciones correctivas, suministro de materiales nuevos requeridos no previstos, suministro de recurso humano especialista para ejecutar la solución requerida, dependiendo la criticidad de la desviación se puede generar un impacto en el plazo de cumplimiento de hitos de entrega del proyecto.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema Principal

Teniendo como premisa lo explicado en la descripción problemática, referido a la ocurrencia de desviaciones en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG, formulamos lo siguiente:

¿De qué manera en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG se mejora los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras?

1.3.2. Problemas Específicos

Como problemas específicos tenemos lo siguiente:

¿De qué manera se mejora los trabajos de inspección y pruebas en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG para prevenir las demoras en los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras?

¿De qué manera se mejora los trabajos de soldadura en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG para mejorar los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras?

¿De qué manera se mejora los trabajos de control de propiedades del medio ambiente como parte de la preservación de materiales en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG para mejorar los tiempos de montaje en Plantas Concentradoras?

¿De qué manera se mejora los trabajos de protección de materiales y componentes de máquinas como parte de la preservación en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG para mejorar los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras?

1.4. Justificación e Importancia

La presente investigación contribuye a:

Desde el punto de vista del conocimiento, se aporta información para la prevención en base a ocurrencias de calidad que suceden en la etapa de montaje de un molino SAG, esta información ayuda a incorporar mejoras al proceso de montaje y al proceso de inspección para futuros trabajos.

Desde el punto de vista de la conveniencia, la empresa se beneficia al mejorar sus procesos, esto permite menores riesgos de incumplimiento en los hitos del proyecto y mejora la calidad de imagen ante el cliente. Se beneficia el cliente al poder cumplir con su programa de inicio de operación de la mina.

Desde el punto de vista del impacto social, se benefician los profesionales vinculados al proceso de montaje, adquiriendo conocimientos que mejoran la calidad de su trabajo.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Proponer y validar un método de gestión de desviaciones en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG para mejorar los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras.

1.5.2. Objetivos Específicos

Como objetivos específicos tenemos:

Proponer y validar un método de gestión de desviaciones en los trabajos de inspección y pruebas en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG para mejorar los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras.

Proponer y validar un método de gestión de desviaciones en los trabajos de soldadura en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG para mejorar los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras.

Proponer y validar un método de gestión de desviaciones en los trabajos de control de propiedades del medio ambiente como parte de la preservación de materiales y componentes de equipo en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG para mejorar los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras.

Proponer y validar un método de gestión de desviaciones en los trabajos de protección de materiales y componentes de equipos como parte de la preservación en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG para mejorar los tiempos de montaje en Plantas Concentradoras.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis General

Un método de gestión de desviaciones en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG mejora los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras.

1.6.2. Hipótesis Específicas

Como hipótesis específica tenemos:

Un método de gestión de desviaciones en los trabajos de inspección y pruebas en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG mejora los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras.

Un método de gestión de desviaciones en los trabajos de soldadura en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG mejora los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras.

Un método de gestión de desviaciones en los trabajos de control de propiedades del medio ambiente como parte de la preservación de materiales y componentes de equipos en el proceso constructivo del molino SAG mejora los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras.

Un método de gestión de desviaciones en los trabajos de protección de materiales y componentes de equipos como parte de la preservación en el proceso constructivo del molino SAG mejora los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras.

1.7. Variables y Operacionalización de Variables

Se tienen las siguientes variables independiente y dependiente:

Variable Independiente (VI): Gestión de desviaciones en el proceso constructivo

Variable Dependiente (VD): Tiempo del montaje del Molino SAG en Plantas Concentradoras.

1.7.1. Operacionalización de Variables

Tabla 0-4

Variables e indicadores de la investigación

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADOR
Variable Independiente VI: Gestión de desviaciones en el proceso constructivo	Incumplimiento de los requisitos de la calidad, requisitos del Cliente, estándar de la empresa, o estándar internacional / nacional aplicable.	Inspección y pruebas Soldadura Control de propiedades del medio ambiente Protección	Indicador Cumplimiento Puntos de Inspección (%)
Variable Dependiente VD: Tiempo del montaje del molino SAG en Plantas Concentradoras	Proceso mediante el cual se emplaza cada equipo o componente en su posición definitiva dentro de un proceso constructivo.	Cumplimiento del proceso de instalación-protocolos Requerimientos del Cliente	Indicador Cumplimiento Puntos de Inspección (%)

1.8. Metodología de la Investigación

1.8.1. Unidad de Análisis

La unidad de análisis es el molino SAG de 40' x 24' de la Planta Concentradora Quellaveco, ubicado en la Provincia de Mariscal Nieto, Región de Moquegua, Perú.

1.8.2. Tipo, Enfoque y Nivel de Investigación

Tipo de Investigación. El tipo de investigación es aplicada, porque busca resolver un problema real en base a conocimientos científicos ya existentes.

Enfoque de investigación. El enfoque de la investigación es cuantitativo, porque maneja datos existentes, cantidades numéricas de ocurrencia de desviaciones sucedidas en el proceso de montaje del molino y plantea hipótesis y su respectiva demostración de validez.

Nivel de investigación. El nivel de investigación es descriptivo y correlacional, descriptivo porque se expone la situación del proceso de montaje del molino y hay una correlación de variables cuando se logra el cumplimiento de las acciones para corregir las desviaciones se logra que el montaje sea seguro.

1.8.3. Diseño de la Investigación

El diseño de investigación es experimental buscando probar la hipótesis mediante el análisis de los datos que son las ocurrencias de desviaciones.

1.8.4. Fuentes de Información

La fuente de información comprende la evidencia registrada por la empresa constructora encargada de los trabajos de montaje de molinos SAG en el proyecto de la Planta Concentradora Quellaveco.

1.8.5. Población y Muestra

La población y muestra comprende las desviaciones (08) registradas al proceso constructivo en la etapa de instalación del molino SAG en la Planta Concentradora Quellaveco.

1.8.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

La técnica es a través de la observación y la recolección de datos es mediante registros físicos de la ocurrencia de desviación al proceso constructivo.

1.8.7. Análisis y Procesamiento de Datos

El análisis y procesamiento de datos se realiza empleando software de base de datos (Excel).

Capítulo II

Marco Teórico y Marco Conceptual

2.1. Bases Teóricas

2.1.1. Elementos Principales del Molino:

Se tienen los siguientes elementos principales:

- 1 - Fundaciones
- 2 - Carcasa (04 elementos)
- 3 - Conjunto de cojinete de muñón Fijo
- 4 - Conjunto de cojinete de muñón Libre
- 5 - Chute de Alimentación
- 6 – Tambor (Trommel)
- 7 - Estator
- 8 - Sistema de Freno
- 9 - Placa de base del Sistema de Freno

En la figura 2 y figura 3 se muestra la ubicación de los elementos mencionados. La

tabla 2-1 muestra los datos técnicos de los dos molinos instalados.

Tabla 2-1

Datos del Molino SAG

Elemento	Descripción
Tamaño del Molino:	40' x 24'
Tipo:	Molino SAG
Motor de Impulsión:	Siemens 23.5 MW, estilo anular
Sistema de frenado del molino:	Freno hidráulico Johnson modelo 1TL800
Tamaño de los cojinetes de muñón:	150', Tipo: Cojinetes de segmentos hidrostáticos.
Sistema de lubricación de los cojinetes de muñón:	Deposito con una capacidad total de 7570 l.
Forro del molino:	Forro de caucho.
Configuración de alimentación:	Forro del muñón de alimentación y tolva.
Configuración de descarga:	Forro del muñón de descarga con tambor de 20' de lado por 11' de largo.
Medio de trituración:	Bolas de trituración de acero.

Nota: Elaboración propia de la empresa.

Esquema de ubicación de elementos principales del molino - Vista de Planta

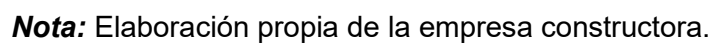
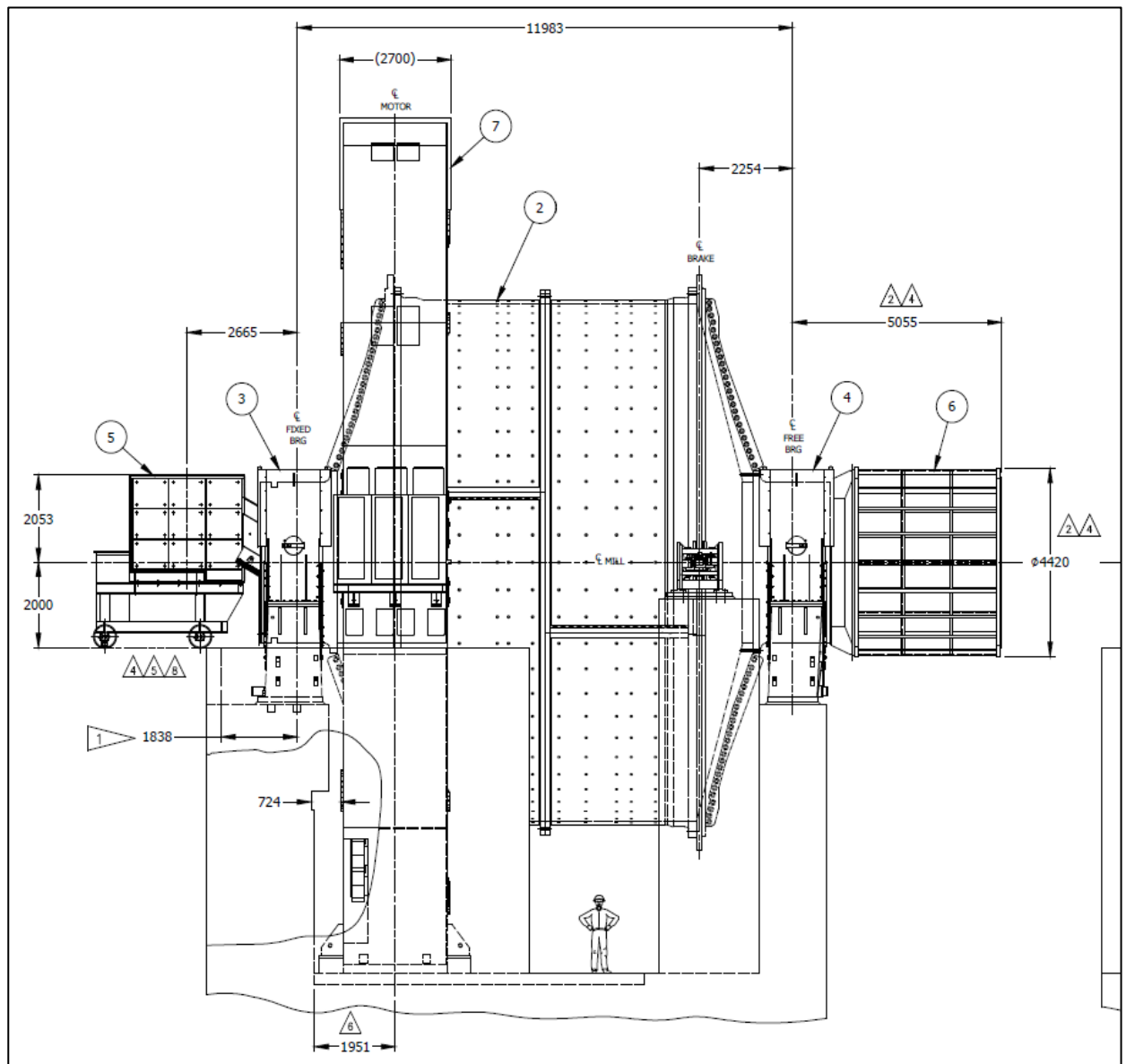


Figura 3

Esquema de ubicación de elementos principales del molino - Vista Frontal



Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

2.1.2. Proceso constructivo del ensamble del Molino SAG

El proceso constructivo del ensamble (en adelante se utilizará el termino montaje) del molino SAG viene descrito en el Manual de instalación del fabricante, el cual contiene temas generales como los cuidados a tener presente en el almacenamiento de los componentes de los molinos; se encuentra organizado en el orden cronológico de instalación. La empresa constructora en base al manual de instalación emite el procedimiento de trabajo y el plan de puntos de inspección, documentos para asegurar la calidad y seguridad de los trabajos durante la ejecución.

Una vez que se tienen las fundaciones donde va a ir posicionado el equipo los pasos en el montaje a seguir son:

Montaje del cuerpo giratorio

Montaje del motor

Montaje de componentes adicionales

2.1.2.1. Montaje del cuerpo giratorio

Paso 1: Montaje de cojinetes de muñón

Los cojinetes de muñón son los rodamientos de gran tamaño que sostienen al eje (muñón) del molino, soportan el peso y permiten la rotación del cuerpo giratorio. Los trabajos relacionados al montaje de los cojinetes de muñón:

- Verificar que la cimentación cumple la resistencia requerida (pruebas de compresión realizadas a los testigos de concreto).
- Verificaciones topográficas dimensionales, marcado de líneas referenciales para el montaje.
- Instalación de tornillos de elevación, ver numeral 2.1.3.1.
- Instalación de cojinetes de alimentación y descarga del molino, ver numeral 2.1.3.2.
- Instalación de descansos principales, ver numeral 2.1.3.3.
- Instalación de gatos hidráulicos, ver numeral 2.1.3.4.

- Instalación de segmentos de cojinetes del molino, ver numeral 2.1.3.5.
- Instalación de segmentos de empuje (thrust pads), ver numeral 2.1.3.6

Paso 2: Montaje de cuna o estructura de levante del cuerpo giratorio

Para el montaje de la carcasa (Shell) primero debe ubicarse la cuna o estructura de levante, esta estructura viene apoyada sobre unas gatas hidráulicas, las cuales facilitan su nivelación a la altura requerida para el ensamble de la carcasa, sobre esta estructura van apoyados los segmentos de carcasa para el ensamble respectivo, ver numeral 2.1.3.7.

Paso 3: Montaje de carcasa (Shell)

La carcasa (shell) es el cilindro de acero donde se produce la molienda del mineral, se monta horizontalmente, es el elemento que está en contacto con el motor, el cual puede ser a través de un engranaje corona y piñón o un motor de sistema de accionamiento de anillo. Este cilindro contiene en su interior bolas de acero que son el medio para la molienda, revestimientos internos de protección (liners) y elementos que facilitan el levante de la carga para la molienda. Ver numeral 2.1.3.8.

Paso 4: Montaje de tapas

Las tapas son los elementos que cierran la carcasa (shell) por ambos extremos (alimentación y descarga) con canal de paso para el ingreso y salida del material del molino, vienen conectadas al ingreso con el muñón de entrada y en la salida con el muñón de descarga y el sistema de clasificación (tambor o trommel por su terminología en inglés). Las tapas al igual que la carcasa viene revestida interiormente (liners) para resistir al desgaste. El conjunto tapa-muñón-cojinete permite el giro del molino. Ver numeral 2.1.3.9.

Paso 5: Montaje de muñones

Los muñones son ejes cilíndricos huecos ubicados en cada extremo del molino (alimentación y descarga), se conecta con las tapas y gira apoyado sobre los cojinetes. Ver numeral 2.1.3.10 y 2.1.3.13.

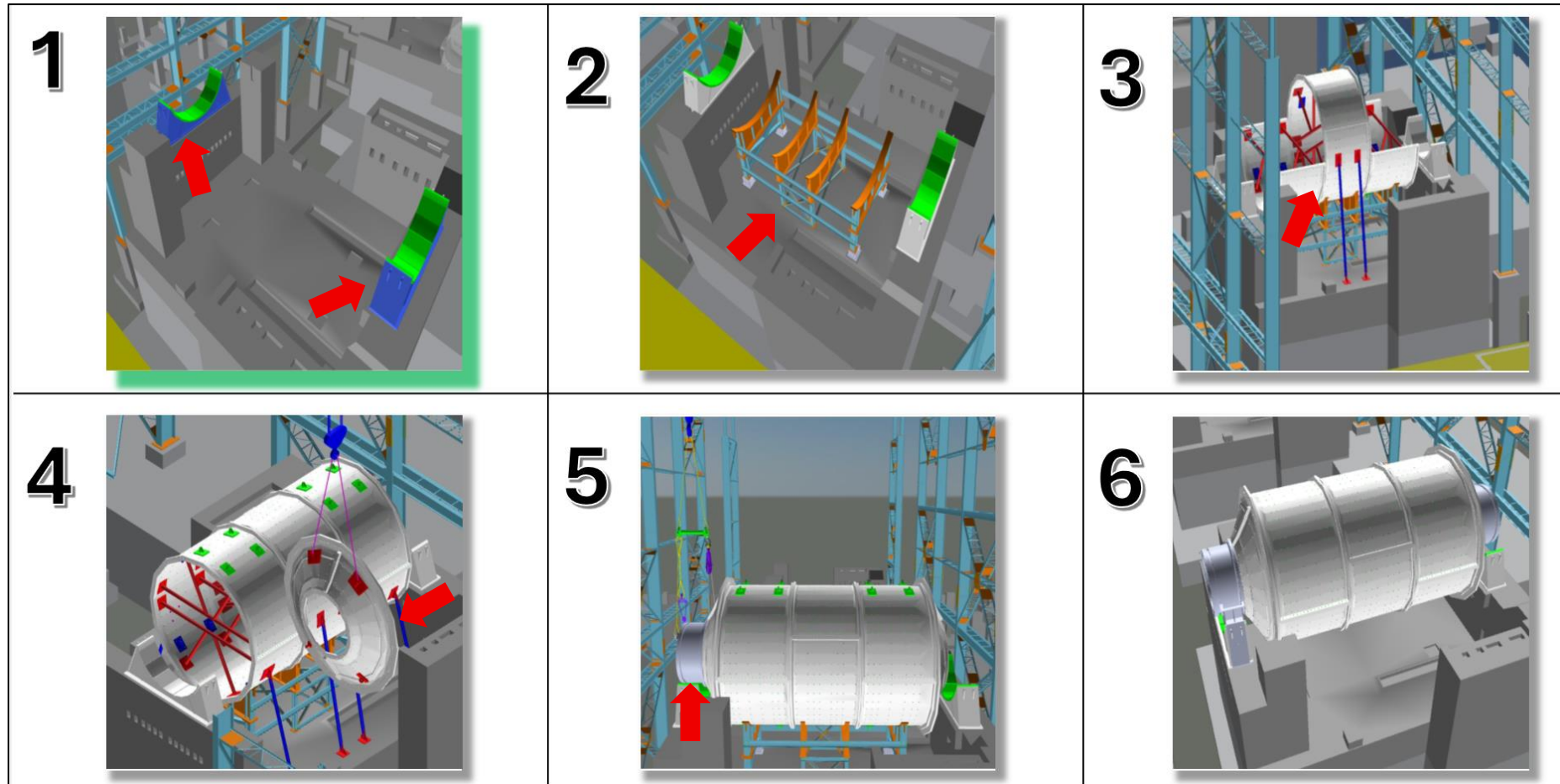
Paso 6: Bajada o descenso del cuerpo giratorio, instalación otros componentes

Una vez que se encuentra finalizado los montajes de los cojinetes de muñón, la carcasa (shell), las tapas y muñones, se procede a bajar el cuerpo giratorio de la posición de montaje a la posición final donde va a operar. Ver numeral 2.1.3.11.

En la figura 4 se muestra los pasos descritos para el montaje del cuerpo giratorio.

Figura 4

Montaje del molino SAG



Nota. En la figura se anota los pasos descritos en el numeral 2.1.2.1. Elaboración propia de la empresa constructora.

2.1.2.2. Montaje del motor

El motor es del tipo gearless drive (accionamiento sin engranajes), comprende una parte fija (estator) montado alrededor del molino la cual genera el campo electromagnético y una parte móvil (rotor) la cual viene unido a la carcasa (shell) del molino, la parte móvil gira cuando es impulsado por el campo del estator. Ver numeral 2.1.3.14.

El estator viene en 04 partes o segmentos, se realizan trabajos de bobinado en los segmentos de estatores previo al montaje de cada segmento.

Una vez que se tiene realizado el montaje de los segmentos de estator se procede a la instalación de componentes internos como los siguientes:

- Conexión de conductores de puesta a tierra
- Escobillas de puesta a tierra, los cuales ponen a tierra el rotor/cuerpo del molino a través del elemento denominado anillo rozante.
- Sondas de temperatura del bobinado del estator.
- Ventilador interno.
- Sensores de vibración, sensores de velocidad, sensores de airgap.

En la carcasa (shell) del molino se realizan trabajos previos de limpieza en la brida del shell para la instalación de los polos del motor, se controla el espacio de aire que se tiene entre el estator y rotor (airgap); el airgap es la separación radial entre el estator y el rotor, es importante porque afecta la eficiencia del campo magnético que rodea al molino, si es demasiado grande la eficiencia cae, si es muy pequeño puede provocar contacto físico. En la figura 5 se presenta la secuencia de montaje del estator.

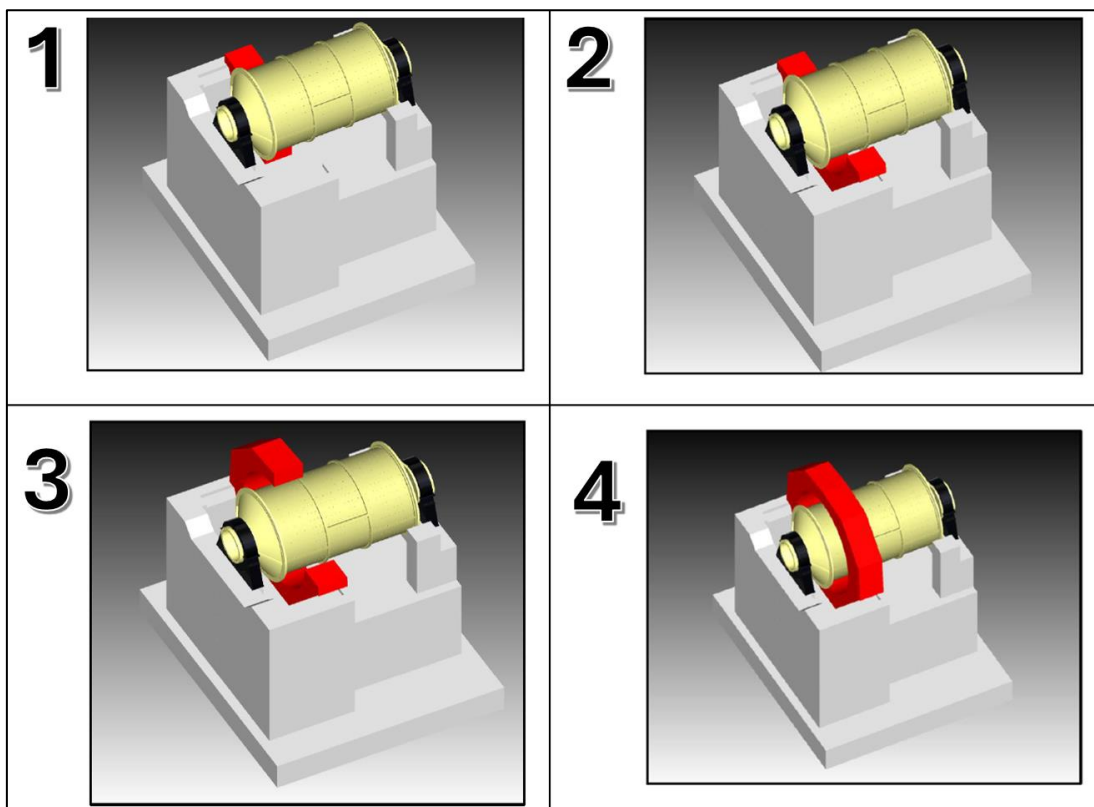
2.1.2.3. Montaje de componentes adicionales

Se tienen componentes que se instalan por separado al cuerpo giratorio del molino, mencionando los siguientes:

- Instalación de base de freno y freno del molino, ver numeral 2.1.3.12.
- Instalación de tambor (trommel por su terminología en inglés), ver numeral 2.1.3.13.

Figura 5

Secuencia de montaje de estator Molino SAG



Nota. Montaje de segmentos inferiores de estator (pasos 1 y 2), montaje de segmentos superiores de estator (pasos 3 y 4). Elaboración propia de la empresa.

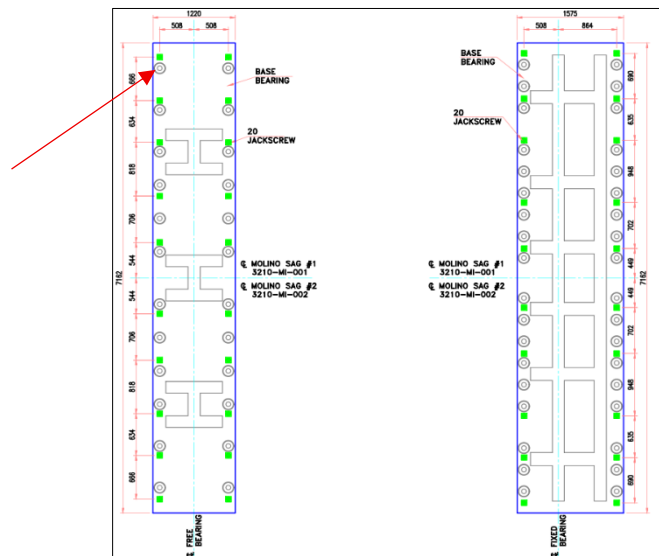
2.1.3. Montaje de componentes del Molino SAG

2.1.3.1. Instalación de Tornillos de Elevación (Jackscrew)

La determinación de la ubicación de los tornillos de elevación se debe realizar de la misma manera que se indica en el texto del bloque de nivelación. Los tornillos de fijación deben ubicarse al lado de cada posición de perno de anclaje, y los demás deben colocarse equidistantes de las posiciones de perno en áreas más largas.

Figura 6

Distribución de Tornillos de Elevación en Fundación de Cojinete



Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

2.1.3.2. Instalación de Cojinetes de Alimentación y Descarga de Molino

Se realiza el montaje de los cojinetes (bearing) de alimentación y descarga, para lo cual debemos verificar en el manual del fabricante el peso de cada uno de los cojinetes, para la maniobra de izaje se utilizará las orejas propias del cojinete como se muestra en la siguiente fotografía. Posterior al montaje de los cojinetes, realizar el alineamiento, nivelación y cuadratura, mediante el uso de gatas hidráulicas, soportes de nivelación (Jackscrew), hasta que nos encontremos dentro de las tolerancias indicadas por el fabricante del equipo.

Figura 7

Uso de orejas propias del cojinete para izaje



Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

2.1.3.3. Instalación de Descansos Principales

Se realiza la limpieza de descansos y verificación de planicidad mediante el uso de regla de pelo.

Figura 8

Limpieza y verificación de planicidad



Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

2.1.3.4. Instalación de Gatos Hidráulicos

Se inicia con la limpieza de los gatos hidráulicos, para ello se deben retirar los 2 anillos (moverlos entre 2 personas peso mayor a 25 Kg), se verificará el buen estado y limpieza de los hilos y del anillo. Posterior a la limpieza de los gatos hidráulicos se procederá a montarlos sobre la base del descanso principal.

Figura 9

Limpieza de gatos hidráulicos



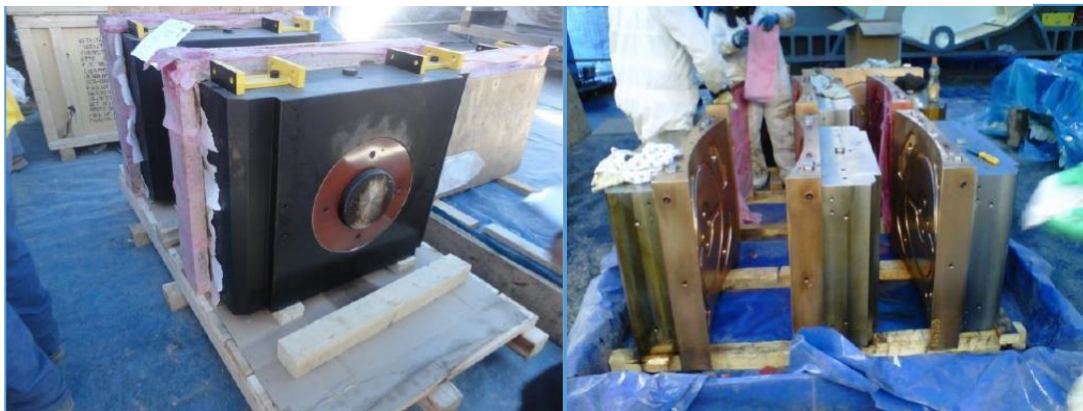
Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

2.1.3.5. Instalación de Segmentos de Cojinetes de molino

Los segmentos de cojinetes de molino vienen en posición vertical. En posición vertical se realizará la limpieza de estos, culminada la limpieza en todas las zonas disponibles en dicha posición, con el apoyo de una grúa se procederá a colocarlos en posición horizontal. Finalmente se realizará el montaje de los segmentos de cojinete sobre los gatos hidráulicos. Culminado el montaje de los segmentos de cojinete, se realizará la instalación de todas las mangueras interiores, las cuales conectarán el descanso con cada segmento de cojinete.

Figura 10

Imagen de segmentos de cojinete de molino - limpieza de segmentos de cojinete



Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

Figura 11

Imagen de montaje de segmentos de cojinete – Instalación de mangueras interiores



Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

2.1.3.6. Instalación de Segmentos de Empuje (Thrust Pads)

Debemos medir el ancho de la ranura de empuje en el muñón (trunnion), el espesor del carril de empuje y el espesor de los dos cojines de empuje. La limpieza de este componente se realizará de forma similar a lo realizado con los gatos y segmentos de cojinetes, pero este componente será montado posterior al montaje del muñón de alimentación y previo a la bajada del molino.

Figura 12

Imagen de riel de empuje o segmentos de empuje



Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

Figura 13

Limpieza del segmento de empuje



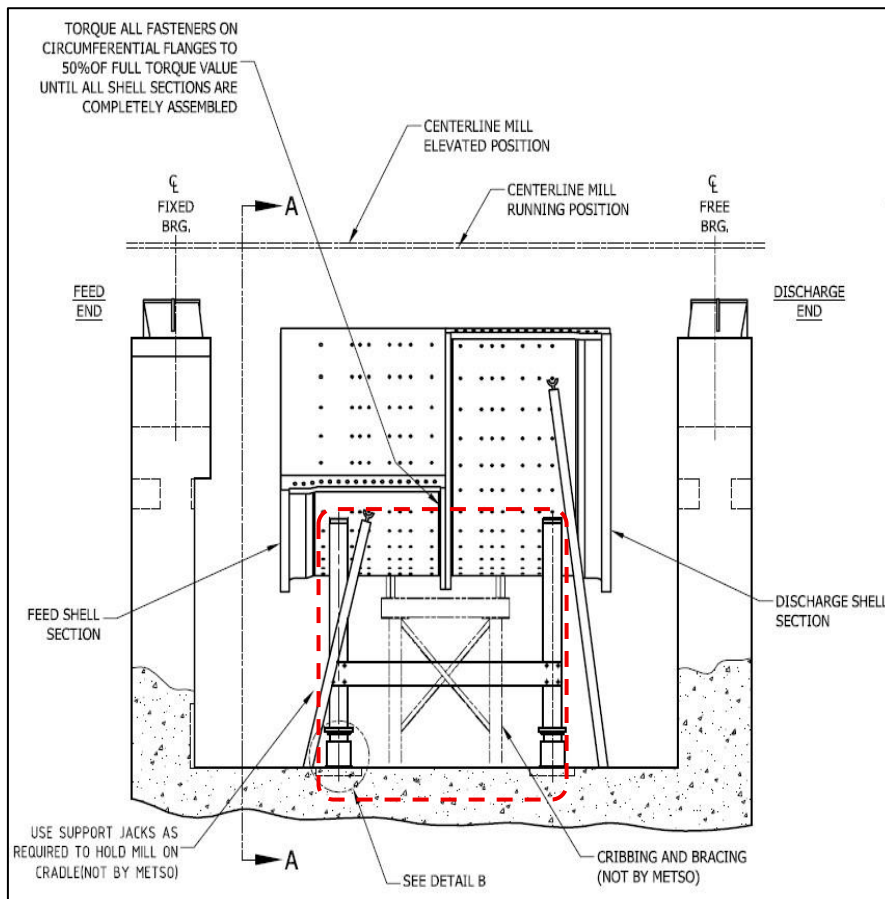
Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

2.1.3.7. Instalación de Cunas o Estructura de Levante del Molino

Las cunas son un ensamble para el levante de las secciones inferiores del casco o carcasa del molino. La secuencia exacta y el aparejo de levantamiento del ensamble variará dependiendo de la geometría del casco y el número de secciones a ser ensambladas. Culinado el montaje de los componentes de las cunas se procederá al alineamiento y nivelación, para lo cual se utilizarán gatas hidráulicas. En la figura 14 se aprecia la distribución de cunas en el molino SAG.

Figura 14

Distribución de cunas molino SAG



Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

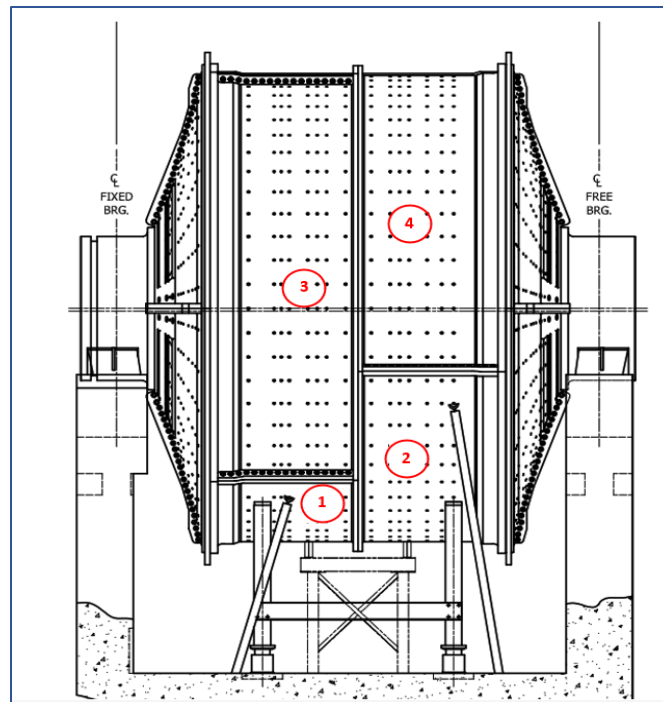
2.1.3.8. Instalación de Carcasas (Shell)

La limpieza de las carcasas es la primera actividad que debemos realizar, esta limpieza se realizará utilizando productos desengrasantes, piedra de asentar, turbineta o esmeril recto con escobilla circular y regla de pelo. Debemos verificar que todas las zonas

maquinadas se encuentren en perfecto estado. Es importante ubicar las marcas que tiene cada carcasa del molino pues de acuerdo con estas marcas realizaremos el ensamble de las 4 carcasas de 120° para el caso del Molino SAG (02 anillos). Durante el montaje de cada carcasa, se deberá verificar, el alineamiento de las perforaciones, para poder colocar los pernos SPC-4 y los pernos guía, culminado el montaje de las carcasas e instalados todos los pernos SPC-4, se procederá a realizar la elongación de dichos pernos de acuerdo a las instrucciones del Manual del Fabricante, las elongaciones de los pernos SPC-4 quedarán plasmadas en el protocolo de tensionado de pernos.

Figura 15

Secuencia de instalación del montaje de las carcasas molino SAG



Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

2.1.3.9. Instalación de Tapas

Se debe realizar la limpieza de las tapas para lo cual utilizaremos productos desengrasantes, piedra de asentar, regla de pelo, turbineta o esmeril recto. Se debe verificar que todas las perforaciones de tapas, para pernos, estén correctamente limpias y que los hilos de dichas perforaciones se encuentren en correcto estado, para ello debemos asegurarnos pasando machos en dichas perforaciones. Se debe verificar la planicidad de

cada empalme tapa-tapa, mediante el uso de regla paralela y galga de espesores. Culinada la limpieza de las 02 partes de la tapa, procederemos a ensamblar dichas partes, se verificará la nivelación de la tapa tanto en la zona de empalme con la carcasa, así como en la zona de empalme con el muñón.

Figura 16

Alineamiento de tapas con pasador cónico



Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

2.1.3.10. Instalación de Muñón (Trunnion)

Terminado el alineamiento de las tapas, se procede con el montaje de los muñones, para lo cual debemos realizar el tandem del muñón y colocarlo en posición horizontal. Se realizará las medidas necesarias en el muñón y tapa, para asegurar que este elemento pueda ingresar a su posición final.

Figura 17

Izaje de muñón



Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

2.1.3.11. Bajada o Descenso de Molino

Culminado el montaje de la unión tapa muñón y el torque de todos los pernos SPC-4, al 67% de su carga de trabajo, iniciaremos los trabajos para bajar el molino hasta sus cojinetes principales. Se instala la unidad de lubricación temporal. Se instalará dos unidades de Lubricación Temporal por Molino, las cuales se posicionarán en la parte exterior de los pedestales de cojinete de muñón, en una posición que permita el correcto desplazamiento del aceite de retorno a la Unidad de Lubricación temporal. Teniendo el sistema de lubricación temporal y el sistema hidráulico de gatas operativo, procederemos a realizar el descenso del molino sobre sus cojinetes principales. Antes de descender el molino debemos colocar 01 reloj comparador en cada placa de asiento y de esta manera asegurarnos que no haya descendido la placa de asiento por el peso del molino, así como verificar que no se produzcan grietas en el grout epóxico.

Figura 18

Instalación de reloj comparador – Control de descenso de molino sobre segmentos de cojinete



Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

Figura 19

Descenso de Molino Sobre Descansos Principales



Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

2.1.3.12. Instalación de Base de Freno - Freno

Placa de asiento de frenos: Debemos escarificar la zona donde montaremos la placa de asiento, posteriormente instalaremos las respectivas placas de nivelación así como el grout cementicio en dichas placas, y posterior al curado del grout realizaremos el montaje de la placa de asiento, debemos tener cuidado con la superficie maquinada de la placa de asiento, culminado el montaje realizaremos la nivelación y alineamiento utilizando el mismo criterio para las placas de asiento de los descansos principales y finalmente realizaremos el vaciado de grout epóxico en la base de la placa de asiento de frenos. Culminada la instalación de la placa de asiento se procede al montaje del freno.

Figura 20

Instalación de Placas de Nivelación de Placa de Asiento – Instalación de Placa de Asiento



Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

Figura 21

Izaje para Montaje del Freno



Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

2.1.3.13. Instalación de Adaptador de Tambor, Forro de Muñón y Tambor

Para el montaje del adaptador de tambor, la primera actividad a realizar será, la limpieza utilizando piedra de asentar y productos desengrasantes, y el respectivo chequeo mediante regla de pelo, tener en cuenta la ubicación de las marcas de montaje y de acuerdo con ello posicionar el molino para el montaje. Posterior al montaje del adaptador de tambor y el torque de sus pernos, procederemos con el montaje del forro de muñón. Para el montaje del forro de muñón, la primera actividad a realizar será reconocer cada forro de muñón, pues tienen diferente forma, el forro de muñón del lado de alimentación tiene forma cilíndrica y el forro de muñón de descarga tiene forma de carrete. Identificados los forros de muñón procederemos a realizar la limpieza y ubicar las marcas de montaje, la limpieza se realizará utilizando piedra de asentar, productos desengrasantes, y el respectivo chequeo mediante regla de pelo, tener en cuenta la ubicación de las marcas de montaje y de acuerdo con ello posicionar el molino para el montaje.

Figura 22

Montaje de Adaptador de Tambor – Posición Final de Adaptador de Tambor



Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

Figura 23

Forro de Muñón de Alimentación – Forro de Muñón de Descarga



Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

Figura 24

Izaje de Tambor – Montaje de Tambor



Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

2.1.3.14. Instalación de estator

Para la instalación del estator se sigue la siguiente secuencia de montaje:

Instalación de Placa de asiento

Instalación de Placa de pista de rodillos

Montaje de secciones inferiores de estator

Montaje de secciones superiores de estator

Montaje de soportes para los patines de ruedas pesados

Alineamiento y nivelación de estator

Figura 25

Instalación de Placa de Asiento



Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

Figura 26

Instalación de Placa de Pista de Rodillos



Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

Figura 27

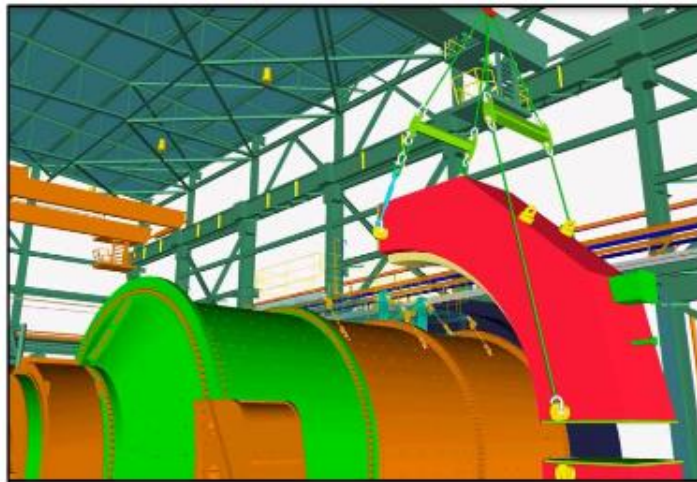
Montaje de Segmentos Inferiores



Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

Figura 28

Montaje de Segmentos Superiores



Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

Figura 29

Arreglo de Soportes para Montaje de Patines de Ruedas y Posicionamiento de Cilindros hidráulicos



Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

2.1.4. Herramientas, materiales necesarios para el montaje del molino SAG

Se presenta el listado de herramientas, materiales que se emplean en el montaje del molino SAG:

- Llaves de golpe corona Ø 24mm, 60mm, 75mm, 85mm, 95mm, 105mm y Ø 1-1/16", 1 1/4", 1 7/16".
- Llaves de cola Ø 1 1/4", 1 5/8", 1 1/16", 1 1/8".
- Llaves mixtas, largo std de 1/4" a 7/8", de 8 a 32 mm.
- Llaves Allen de 0.7 a 22 mm.
- Llaves de torsión.
- Punzones de acero cónicos de 3/4"x12", 1 1/8"x14", 1 1/2"x12", 7/8"x12".
- Combas de acero de 4 lb, 6lb, 8lb, 12lb, 20lb.
- Arco de sierra 12" y hoja de sierra de 1/2"x12".
- Escalera Telescópica de fibra de vidrio de 4m, 6.4 m.
- Lija para fierro #40, #80.
- Sogas de nylon (1/8", 1/2", 3/8", 5/8").
- Espátulas 5", 6".
- Tiralíneas de 30m, 50m.
- Bujarda (ejem.: Hilti TE-YP SKHM 40).
- Escuadras metálicas (8", 12", 16", 24").
- Eslingas de poliéster / nylon de 2 capas x 1", 2 capas x 2", 2 capas x 3", 3 capas x 2", 3 capas x 3", 3 capas x 4", 4 capas x 2", 4 capas x 4" con protectores de eslingas.
- Estrobos de cable de acero tipo "BOA" de 2 ramales c/ojo simple de 1/2", 5/8", 2 1/2", 1", 2" c/ gancho y seguro.
- Grilletes tipo ancla (LIRA) con perno roscado o recto Ø 3/4", 1", 1 1/2", 1 1/4", 5/8", 7/8". Capacidad de carga 4.75Tn, 8.5Tn, 12Tn, 17Tn.
- Anillos de izaje 2", 2 1/2", capacidad 72Tn, 46Tn.

- Mantas ignifugas de lona.
- Aplicadores de silicona.
- Grasa Molykote, Varsol.
- Andamios.
- Envases de plásticos graduados.
- Cutter para caucho.
- Mangueras de alta presión, 1" x 600 psi con acoples y dispositivos de seguridad.
- Tablones de madera de 12"x 4"x 36 m.
- Tablones de madera de 4"x 10"x 1m.
- Tacos de madera de 6"x 4"x 1 m.
- Tacos de madera de 8"x 8"x 1 m.
- Electrodo revestido bajo hidrogeno e7018 x 1/8".
- Tiza de calderero, marcadores de metal.

2.1.5. Equipos de medición empleados en el montaje del molino SAG

Se presenta el listado de equipos de medición que se emplean en el montaje del molino SAG:

- Regla de pelo (alcance hasta 250 mm).
- Galgas calibradoras (0.05 mm hasta 1 mm).
- Medidor de condiciones ambientales (temperatura y humedad en aire), rango 0°C a 80°C.
- Rugosímetro, 0 a 0.05".
- Pie de Rey, 300 mm..
- Durómetro 0 – 100 Shore A,.
- Equipos de topografía (ejem.: Estación total TS-07 1" R500, Nivel Automático NA-728).
- Lector de elongación de pernos SPC-4 modelo 600A (0.000"-0.005").

- Torquímetro 5lb.ft a 75 lb.ft, 10 lb.ft a 150 lb.ft, 50lb.ft a 250 lb.ft, 100lb.ft a 600 lb.ft.
- Torquímetro 8000 a 40000 Nm.
- Torquímetro 1830 lb.ft – 12148 lb.ft / 2481 Nm a 16471 Nm.
- Torquímetro 600 lb.ft – 5054 lb.ft, 813 Nm – 6852 Nm.
- Multiplicadores de torque, entrada 15lb.ft q 127lb.ft, salida 200lb.ft a 3300 lb.ft.
- Micrómetro interior de 0 a 100 mm.
- Micrómetro exterior de 0 a 250 mm.
- Flexómetro (5m, 10m)
- Medidor de resistencia de aislamiento (megometro), 0.01 MΩ a 10 GΩ, voltajes de prueba de aislamiento 50V, 100V, 250V, 500V, 1000V.
- Multímetro Fluke 179
- Termohigrómetro -35°C a 80°C, 0%HR a 100% HR
- Medidor resistencia de aislamiento en motores (ejem.: Megger Baker Modelo DX4, 4KV)

2.1.6. Maquinas utilizadas en el montaje del molino SAG

A continuación, se presenta el listado de máquinas que se emplean en el montaje del molino SAG:

- Grúa modelo LIEBHERR LTM 350
- Manlift de (185,135,125, 80 pies).
- Grúas 500ton, 400ton, 350ton, 220ton,150ton y 100ton
- Puentes grúa 90ton y 120ton
- Camión grúa de 16ton
- Montacarga de 12ton
- Gatas Hidráulicas de 10, 25, 50,100 Ton.
- Tecles de 3, 5,15,20,30,50 Tn
- Tecles Ratchet, encastre de 1/2", 3/8", 3/4", capacidad de carga 1.5 tn, 3tn.

- Pastecas de fierro c/polea acero para cables Ø 3/8", 1/2", 3/4", capacidades 1.5Tn, 3Tn, 8Tn.
- Martillos perforadores (ejem.: Hilti TE-70, TE-30, Hilti TE-4).
- Taladros atornilladores inalámbricos, percutores, tipo columna (ejem.: Dewalt DCD 985L2-B2, BOSCH GSB 13RE, BOSCH GSB 16RE, Hilti DD 150-u). Adaptadores magnéticos.
- Taladro magnético tipo Feing.
- Esmeril recto (encastre 1/4", 4 1/2").
- Esmeril angular, 4 1/2", 7".
- Sierra caladora (ejem.: Bosch GST 90 BE)
- Máquinas de soldar de 400 A.
- Horno eléctrico para soldadura (5kg).
- Radios portátiles de comunicación (ejem.: Motorola EP450).
- Equipos de oxicorte.
- Batidor mezclador (ejem.: Stayer M1600 o similar)
- Calentadores de aire (ejem.: Alfano LD-168GQF, Master Climate B3)
- Cilindros hidráulicos con bombas manuales y mangueras de conexión, 10tn.
- Tablero eléctrico 380/220V, 200A.
- Grupo Electrónico de 100 Kw, 250 Kw, 350 Kw.
- Luminarias eléctricas 1000W, IP65.

2.1.7. Definición del método de gestión de desviaciones

Ver definición en el numeral 1.8.2.

2.1.8. Descripción del método de gestión de desviaciones

El método de gestión de desviaciones aplicado a los trabajos de aseguramiento y control de calidad en el montaje del molino SAG y tomando como base la filosofía del círculo de Deming, se describe en los siguientes pasos:

- a. Difundir a todo el personal la metodología a seguir.
- b. Se realiza una revisión de desviaciones constructivas, lecciones aprendidas en proyectos previos similares ejecutados por la empresa para determinar los de mayor impacto y evitar nuevamente su recurrencia, esto se utiliza al momento de definir los procedimientos constructivos y los controles en los planes de inspección.
- c. Se definen las actividades necesarias a realizar en la planificación de la calidad del montaje (ejem.: identificación de requisitos, actividades críticas). El entregable de esta etapa es el plan de puntos de inspección.
- d. Se implementan los controles de calidad establecidos en los planes de inspección.
- e. Se realiza un seguimiento del avance de construcción vs el avance de la validación de los trabajos a través de las inspecciones. Se realizan inspecciones de carácter preventivo para mitigar desviaciones constructivas.
- f. Se verifica si los trabajos cumplen los criterios de aceptación establecidos, estos se sustentan en los protocolos que se emiten y validan de las actividades constructivas.
- g. En caso no se cumple con el criterio de aceptación se genera un documento de no conformidad u observación, lo cual genera un análisis de las causas estableciendo una acción correctiva.
- h. Se realiza un seguimiento de la acción correctiva para verificar su eficacia.

2.1.9. Gestión de la Calidad en el proyecto

2.1.9.1. Circulo de Deming

El ciclo Deming (PHVA [planear, hacer, verificar y actuar]) es de gran utilidad para estructurar y ejecutar proyectos de mejora de la calidad y la productividad en cualquier nivel jerárquico en una organización. En este ciclo, también conocido como ciclo de la calidad, se desarrolla de manera objetiva y profunda un plan (planear), éste se aplica en pequeña escala o sobre una base de ensayo (hacer), se evalúa si se obtuvieron los resultados esperados (verificar) y, de acuerdo con lo anterior, se actúa en consecuencia (actuar), ya sea generalizando el plan —si dio resultado— y tomando medidas preventivas para que la mejora no sea reversible, o reestructurando el plan debido a que los resultados no fueron satisfactorios, con lo que se vuelve a iniciar el ciclo. La filosofía de este ciclo lo hace de gran utilidad para perseguir la mejora mediante diferentes metodologías. En general, para cumplir efectivamente el ciclo PHVA, es clave usar las herramientas básicas.

En la tabla 2-2 se muestra el ciclo PHVA, 08 pasos para la solución de un problema y posibles técnicas a utilizar.

Tabla 2-2

Ciclo PHVA y 08 pasos en la solución de un problema

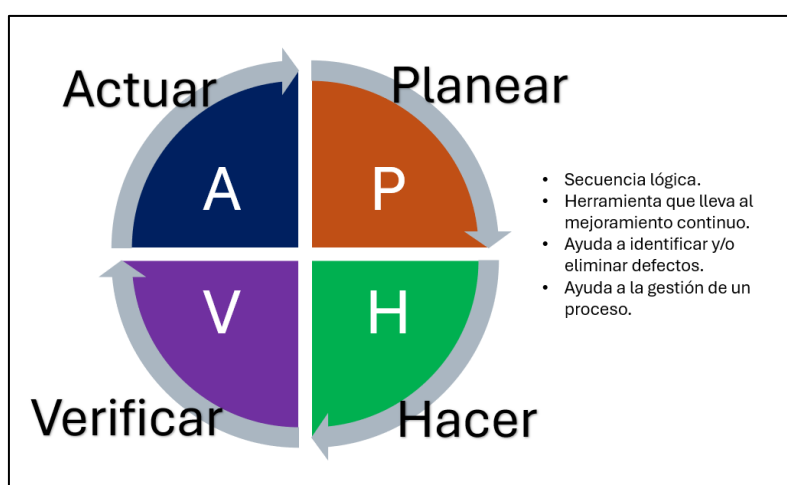
Etapas del Ciclo	Paso número	Nombre del paso	Posibles técnicas para usar
Planear	1	Definir y analizar la magnitud del problema	Pareto, hojas de verificación, histogramas, curvas de control
	2	Buscar todas las posibles causas	Observar el problema, lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa
	3	Investigar cual es la causa más importante	Pareto, estratificación, diagramas de dispersión, diagrama de Ishikawa Porqué...necesidad Qué...objetivo
	4	Considerar las medidas remedio	Donde...lugar Cuanto...tiempo y costo Como...plan
Hacer	5	Poner en práctica las medidas remedio	Seguir el plan elaborado en el paso anterior e involucrar a los afectados
Verificar	6	Revisar los resultados obtenidos	Histograma, Pareto, curvas de control, hojas de verificación

Etapa del Ciclo	Paso número	Nombre del paso	Posibles técnicas para usar
Actuar	7	Prevenir la recurrencia del problema	Estandarización, inspección, supervisión, hojas de verificación, cartas de control
	8	Conclusión	Revisar y documentar el procedimiento seguido y planear el trabajo futuro

Nota. Calidad Total y productividad, Humberto Gutierrez Pulido, 3ra edición

Figura 30

Ciclo Deming (PHVA)



Nota. Adaptado de artículo Ciclo de Deming: Metodología de mejora continua⁸

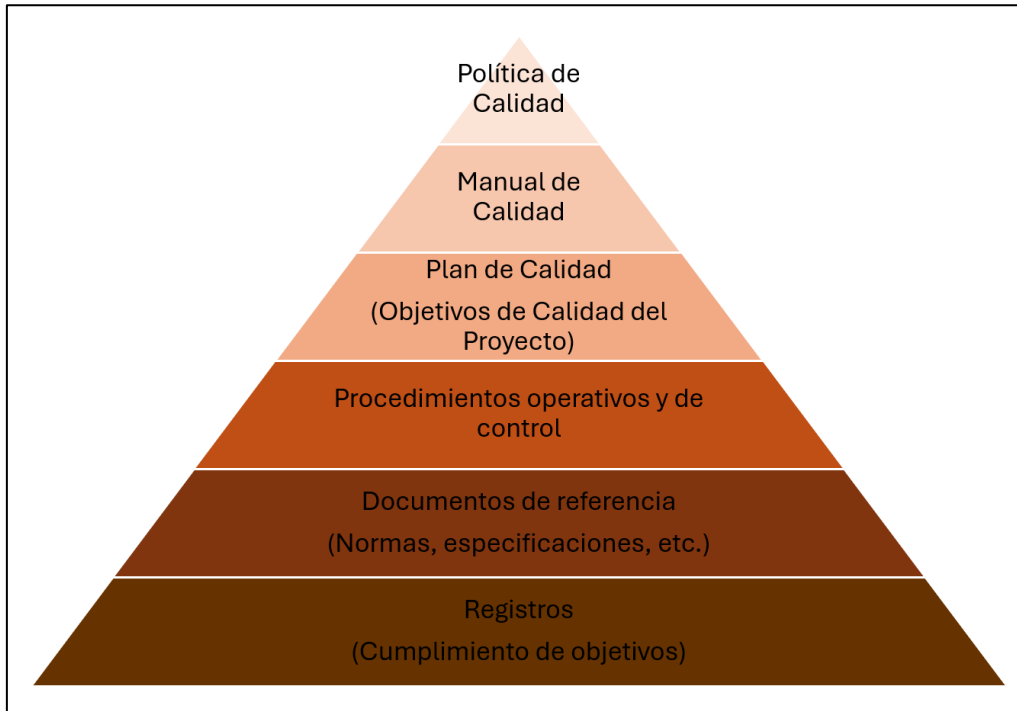
2.1.9.2. Sistema de Gestión de Calidad

El proyecto implemento un sistema de gestión de calidad certificado bajo la norma ISO 9001:2015 y que se establece para asegurar que los servicios ofrecidos cumplan con los requisitos especificados. Este sistema identifica, controla y verifica los procesos y actividades relacionadas en todos los aspectos de calidad del producto, desempeño del servicio y aplica para todas las operaciones a desarrollar. La documentación del SGC de la empresa consta de, Política del Sistema de Gestión Integrado (SGI), Plan de Aseguramiento y Control de Calidad del Proyecto (PACC), Procedimientos e Instructivos, Planes de puntos de inspección (PPIs), formatos, entre otros. La figura 31 muestra la pirámide documental del sistema de gestión de calidad.

⁸ Fuente: <https://www.ingenieriadecalidad.com/2020/02/ciclo-de-deming.html>

Figura 31

Pirámide documental del Sistema de Gestión de Calidad



El sistema de gestión de calidad se implementa y se ejecuta en el proyecto como se muestra en la tabla 2-3.

Tabla 2-3

Esquema de desarrollo del PACC

PROCESO	ENTRADAS	SALIDAS
Planificación de la Calidad	Revisión de requisitos del Cliente (Contrato, especificaciones Técnicas, Planos, Requerimientos de Calidad)	Determinar las Normas y rangos de aceptación aplicables en las diferentes disciplinas constructivas. Aseguramiento y Control de los procesos y actividades.
	Planeamiento de operación	Definición de la organización y recursos del Proyecto.
Aseguramiento de la Calidad	Definición de Procedimientos de Gestión (PG) aplicables	Difusión de la Política del Sistema de Gestión. Definir e Implementar los PG aplicables.
	Definición de documentos Constructivos aplicables	Procedimientos constructivos / Matriz preservación. Planes de Inspección y Ensayo (PIE). Difusión del proceso de control y de

PROCESO	ENTRADAS	SALIDAS
		liberación.
	Revisión del cumplimiento del PAC	Determinar los registros de Calidad a ser usados. Implementación de las Auditorías Internas de Calidad
	Control de los registros y elaboración del Dossier de calidad	Preparación de las Listas Maestras de Documentos y de Registros aplicables. Archivo de registros de calidad. Definir codificación y formatos. Mantener ordenado y actualizado el Dossier de Calidad, acorde a progreso constructivo. Preparar los protocolos para la inspección y validación de datos.
Control de Calidad	Control de Calidad	Presenciar las pruebas y ensayos. Verificar el cumplimiento de los PIE. Verificar la calibración de los equipos de medición, inspección y ensayo.
	Evaluación de la calidad	Análisis de datos e indicadores (frecuencia determinada por la empresa). Análisis de resultados de auditorías Percepción del Cliente

Nota. Elaboración propia de la empresa constructora

2.1.9.3. Plan de Aseguramiento y Control de Calidad (PACC)

El objetivo del PACC es describir la metodología, organización y actividades que se implementarán en el proyecto a ejecutar para asegurar que el trabajo se realice de acuerdo con los planos, especificaciones, normas y códigos aplicables controlando la ocurrencia de desviaciones en los procesos a través de la oportuna coordinación previa al inicio de las actividades, detectando y elaborando la corrección de deficiencias en forma eficaz a través de inspecciones continuas en campo por el personal de calidad, consecuente a los planes de puntos de inspección y diferentes procedimientos, instructivos definidos para el proyecto. El PACC permite asegurar al interno y demostrar al Cliente la capacidad que se tiene para entregar un servicio integral que cumpla con los requisitos especificados en las Bases del contrato y aumente su grado de satisfacción a través de la mejora continua del Sistema de Gestión. En el caso de estudio este documento se basa

en los principios establecidos en la norma ISO 9001 y está diseñado para cubrir aspectos de calidad relacionados con el alcance de trabajo asignado y también establece las principales responsabilidades del personal clave de la obra.

2.1.9.4. Plan de Puntos de Inspección y Ensayos (PPIs)

Es el documento que refleja las inspecciones a realizar para controlar una determinada actividad en el proyecto, y permite asegurar el cumplimiento de los requisitos antes, durante y después de la actividad ejecutada.

Contiene como mínimo los siguientes criterios:

- Inspección por ejecutar o punto de ensayo
- Documento base de la inspección
- Criterio de aceptación
- Formato por emplear para el registro y validación de la actividad ejecutada
- Alcance de responsabilidades
- Puntos de espera

2.1.9.5. Registros de Inspección y Pruebas

Es el documento que contiene la información de la actividad ejecutada, mostrando el cumplimiento de los requisitos / criterios de aceptación, es trazable con los documentos de proyecto que validan la actividad y es validado por la empresa o el Cliente como conformidad de la actividad. La gestión de calidad de los registros comprende:

Requisitos: Uso de registros aprobados para el proyecto, validación de los responsables de firma del documento, establecer reglas de correcto llenado, llevar un control de formatos aprobados, vigencia de revisión de formatos.

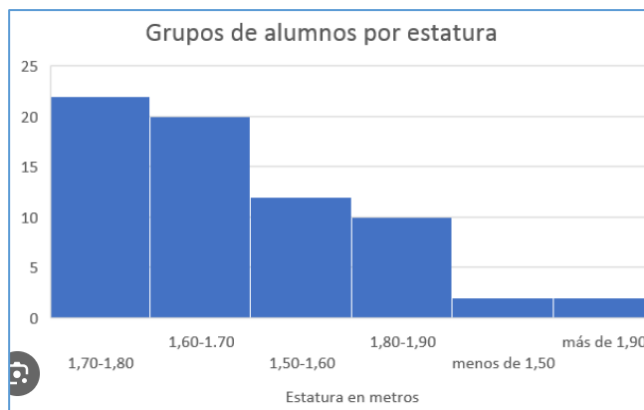
Identificación de los registros: Deben tener una codificación única, el cual delimita el alcance de la inspección realizada.

Clasificación y archivo físico de los registros: Los registros se agrupan por liberación realizada para su verificación de trazabilidad. Se recopilan en archivadores si se manejan en forma física u ordenados en carpetas digitales.

variables en el horizontal. Un histograma puede presentarse como un resumen de datos de fácil comprensión.

Figura 33

Ejemplo de Histograma

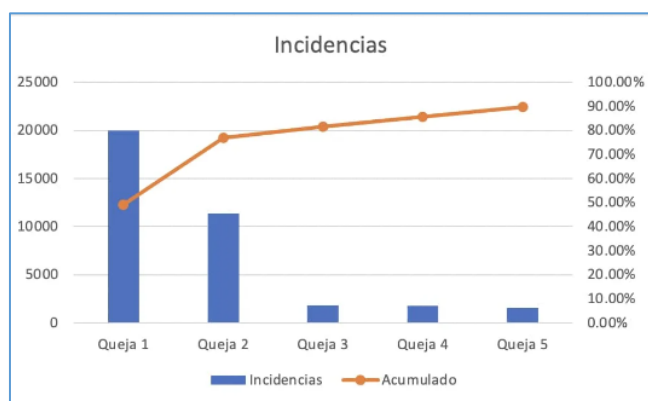


Nota. Artículo: Ejemplos de Histogramas⁹.

Diagrama de Pareto: Es un gráfico basado en el principio de Pareto que, aplicado a la calidad, afirma que el 20% de las causas provocan el 80% de los problemas. Ordena cuestiones de mayor a menor frecuencia y nos sirve para revisar la frecuencia tanto de los problemas como de las causas. Es importante definir antes de comenzar qué aspectos se van a estudiar. Con este diagrama de barras verticales se puede fijar un orden de prioridades a la hora de tomar decisiones y aplicar medidas.

Figura 34

Ejemplo de Diagrama de Pareto



Nota. Artículo: Que son las técnicas de organización (y porque usarlas en la empresa)¹⁰

⁹ Fuente: <https://www.ejemplos.co/histogramas/>

¹⁰ Fuente: <https://blog.hubspot.es/sales/tecnicas-de-organizacion>

Diagrama de Espina de Pescado: Conocido también como diagrama causa-efecto o diagrama Ishikawa, se emplea para encontrar las causas de un problema de rendimiento a partir de un análisis más complejo. Su uso también es muy sencillo, su diseño es muy similar al de una espina de pez y resulta fácil interpretar los resultados. Permite, además, comprobar cuáles son las diferencias entre el rendimiento que exigiría el correcto funcionamiento del proceso y el rendimiento actual.

Figura 35

Ejemplo de Diagrama de Espina de Pescado



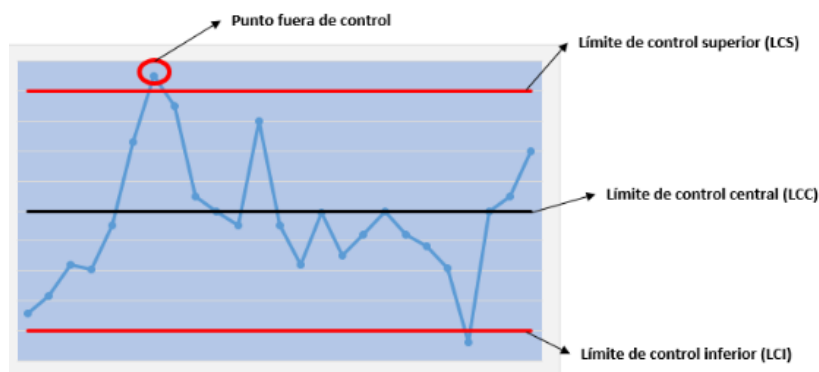
Nota. Artículo: Diagrama de Ishikawa: que es, como hacerlo y ejemplos¹¹

Gráfico de Control: Ayuda a descubrir si un proceso determinado tiene un comportamiento que podemos predecir, si es estable o no. Para ello, se estudian dos tipos de variables. Las aleatorias se repiten dentro de los límites predecibles, mientras que las debidas a causas especiales muestran qué factores implicados en el proceso es necesario identificar. En cuanto a su diseño, hay tres líneas. La básica es la central, mientras que la superior y la inferior dibujan los límites máximos y mínimos permitidos. Estos límites de control reflejan el grado de estabilidad de lo analizado.

¹¹ Fuente: <https://blog.hubspot.es/sales/diagrama-ishikawa>

Figura 36

Ejemplo de Grafico de Control

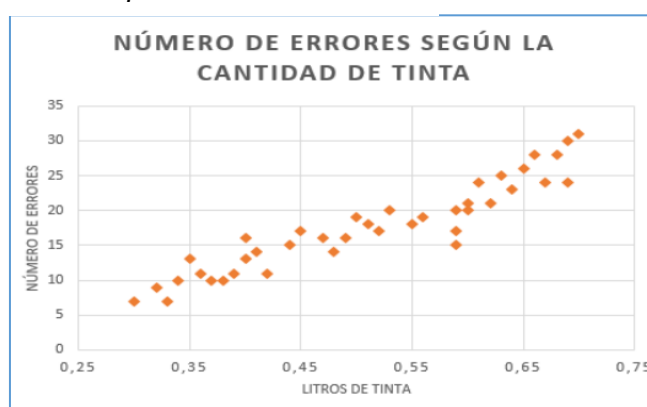


Nota. Artículo: Gráfico de Control¹².

Diagrama de Dispersión: El diagrama de dispersión o correlación se emplea para comprobar la relación que existe entre dos variables diferentes (X e Y), que pueden ser dos problemas o dos causas. X e Y pueden mantener una correlación positiva, es decir, aumentar o disminuir al mismo tiempo. También puede ser negativa, si su comportamiento es distinto, mientras una se ve incrementada, la otra se reduce. La correlación nula es aquella en la que se demuestra que no hay ningún tipo de relación entre las dos variables. Para poder aplicar este diagrama es necesario haber identificado el problema y fijar cuáles son las variables que se van a estudiar.

Figura 37

Ejemplo de diagrama de dispersión



Nota. Artículo: El diagrama de dispersión: Qué es, cómo se construye e interpreta¹³.

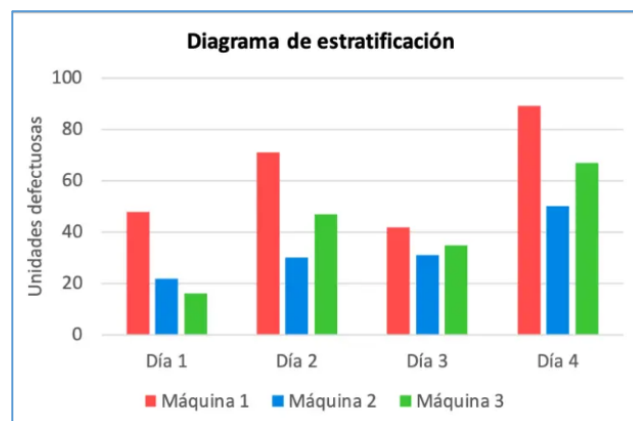
¹² Fuente: <https://www.ingenioempresa.com/grafico-de-control/>

¹³ Fuente: <https://www.ingenioempresa.com/diagrama-de-dispersion/>

Estratificación: Es una técnica muy útil cuando manejamos muchos datos, ya que contribuye a clasificarlos o agruparlos en función de sus características comunes. Estratificar sería sinónimo de dividir el total de la información en subconjuntos, homogéneos entre sí y denominados estratos. De este modo, se pasa de datos genéricos y poco concisos a otros mucho más precisos, poco variables y, por lo tanto, más útiles a la hora de tomar decisiones. Se puede utilizar, por ejemplo, para estratificar la materia prima (por proveedores, composición, procedencia...), la plantilla de trabajadores (antigüedad, estudios, edad...) o las ventas (físicas, online, días de la semana...).

Figura 38

Ejemplo de estratificación



Nota. Artículo: Diagrama de estratificación¹⁴.

Las 7 herramientas de calidad evidencian los resultados que una empresa u organización está teniendo. A partir de los datos que aportan pueden subsanarse errores o tomar decisiones más acertadas en cuanto a la calidad.

2.1.11. Consideraciones para la Gestión de Desviaciones

El objetivo de la gestión de desviaciones es llegar a implementar una estrategia de mejoras específicas en la actividad de análisis para que sea duradera en el tiempo. En el proceso de análisis siguiendo la metodología del círculo de Deming (PHVA) descrito en el apartado 2.1.9.1, la implementación requiere los siguientes pasos a seguir:

¹⁴ Fuente: <https://www.probabilidadyestadistica.net/diagrama-de-estratificacion/>

Entender la estrategia y planear su aplicación con base en el nivel de madurez de la organización: Muy a menudo, las organizaciones deciden aventurarse a implementar una estrategia de mejora sin establecer los niveles actuales de entendimiento y madurez que se tiene en la empresa para tal iniciativa. Ante ello, antes de aventurarse, es fundamental asegurarse de que los mandos superiores y medios reconocen la necesidad de tal cambio, y que un grupo importante de ellos la apoyan. De lo contrario, estos directivos no sólo no apoyarán la iniciativa con recursos, tiempo y convencimiento, sino que es posible que se conviertan en opositores e incluso saboteadores de la misma, con lo que los esfuerzos, por más bien intencionados que sean, fallarán.

Vincular y alinear la iniciativa de mejora al plan estratégico y establecer criterios para medir su éxito: Cualquier puesta en práctica de una estrategia de mejora debe estar vinculada y alineada al plan estratégico de la organización, ya que este plan indica la dirección de la empresa a través de la declaración de su misión, visión, objetivos y metas asociados, junto con los indicadores que miden el avance en la ejecución de dicho plan. Por ello, es necesario establecer claramente la manera en la que la estrategia de mejora a implementar contribuirá al cumplimiento del plan estratégico, la forma en la que se alineará con otras iniciativas, el modo en el que se desplegará a través de la organización y los indicadores estratégicos con los que se medirá el éxito de la misma.

Asignar los recursos apropiados: Los esfuerzos de mejora requieren recursos para entrenamiento y para el desarrollo de proyectos y aplicaciones específicas. Muchas organizaciones reconocen la necesidad de mejorar y son capaces de ver los ahorros y beneficios que se alcanzarán con la estrategia propuesta, pero son pocas las que están realmente dispuestas a asignar los recursos necesarios, monetarios y humanos, para garantizar el éxito. Durante la aplicación de la estrategia, los equipos de mejora o de proyecto a menudo tienen buenas ideas y entusiasmo, pero debido a las exigencias cotidianas de su trabajo, algunas personas no pueden participar completamente en los equipos o proyectos, lo cual se traduce en un fuerte golpe al entusiasmo del resto del equipo. Por ello, si en la organización no se logra reconocer que la mejora es parte integral

del trabajo, la participación se convierte en una elección y poco a poco la aplicación de la estrategia se termina por diluir.

Entrenar al personal apropiado, con vistas a aplicar la estrategia y a lograr un cambio cultural: Para lograr una transformación exitosa, en la que las mejoras perduren, es necesario que empleados y directivos cambien su forma de pensar y trabajar. Y es que si el pensamiento no se modifica, no hay cambio que perdure. Usualmente, la capacitación es el paso crítico inicial para iniciar el cambio cultural. A menudo, las organizaciones intentan implementar la estrategia entrenando sólo a algunos empleados y directivos, para que éstos comuniquen las ideas al resto de las personas; sin embargo, es necesario capacitar, en etapas, a todos los empleados y directivos, y que cada uno de ellos tenga un conocimiento básico y claro de qué se espera y cómo se logrará el cambio.

Implementar el plan razonablemente: Cuando se aplica una estrategia de mejora no se deben esperar resultados antes de que la estrategia esté realmente implementada. Cualquier proceso de mejora toma tiempo y no ocurre generalmente de forma inmediata. Por ejemplo, en el caso de Seis Sigma, el entrenamiento, la ejecución e implementación de los primeros proyectos puede llevar de seis a ocho meses. Además, se debe considerar el fenómeno de la curva de aprendizaje, en el que al principio hay muchos esfuerzos, pero pocos resultados, pero con el paso del tiempo, y a medida que se dé el aprendizaje y el cambio cultural, vendrán los resultados.

Coordinar los esfuerzos dentro de la organización: A menudo se falla en coordinar adecuadamente que los esfuerzos de mejora se den en toda la organización. Pero, cuando sólo algunas áreas logran tener éxito inicial en la puesta en práctica de un programa de mejora, esto no necesariamente logra reflejarse en los resultados estratégicos y con ello el entusiasmo por la iniciativa va disminuyendo tanto entre los directivos como en las áreas que lograron tener éxito.

Difundir los resultados: A todo el mundo le gusta ser parte de historias de éxito y ser reconocidos en los logros de la organización. Esto hace que cuando las historias de éxito se difunden de modo adecuado, reconociendo apropiadamente a la gente

participante, hay más gente que desea ser parte y participar, incluso los directivos están más dispuestos a apoyar. Gracias a esto, se genera un círculo virtuoso y por ello deben preverse acciones de comunicación y difusión de la estrategia en sí, su avance y sus logros.

Proporcionar reconocimiento y recompensas, y ligarlos a bonos y requisitos de promociones: La puesta en práctica a largo plazo de una estrategia de mejora requiere el apoyo y la participación de las personas de una organización. Un aspecto fundamental para que esto ocurra es el reconocimiento y la recompensa a la gente que se involucra y participa en los proyectos específicos de mejora. Esto puede hacerse, además de reconocer y difundir los logros de los equipos de mejora, mediante bonos e incrementos anuales al salario ligados al desempeño en la estrategia. Por ejemplo, uno de los aspectos clave de la implementación de Seis Sigma en General Electric fue cambiar su forma de incentivos y ligar el 40% de éstos a los resultados en Seis Sigma. Además, lograr éxitos en la aplicación de la estrategia se convirtió en un criterio de promoción directiva.

Ser constante en el propósito, ser paciente y tener una visión a largo plazo: Lograr que un proceso de mejora logre resultados en forma consistente requiere tiempo; no puede ocurrir de la noche a la mañana. Por ello el equipo directivo no debe desfallecer ni vencerse, debe seguir apoyando e impulsando los proyectos y el entrenamiento. Cualquier transformación real es difícil y toma tiempo lograr un cambio cultural significativo.

2.1.12. Análisis Modal de fallos y efectos (AMFE)

Método dirigido a lograr el aseguramiento de Calidad¹⁵, detectando problemas potenciales y sus efectos, aplicable a sistemas, diseños y en procesos para corregir desviaciones e identificar riesgos. Incorpora los criterios de Gravedad, Ocurrencia y Detección, valores mediante los cuales se obtendrá el Número de Prioridad de Riesgo, permitiendo priorizar los problemas sobre los cuales hay que trabajar para establecer acciones de mejora.

¹⁵ Diputación Foral de Biskaia, Análisis modal de Fallos y efectos. Librería HOR DAGO.

El Número de Prioridad de Riesgo (NPR) se define como:

$$\text{NPR} = G \times O \times D$$

Donde:

G: Gravedad, O: Ocurrencia, D: Detección

Gravedad: Evalúa la gravedad del efecto o consecuencia de que se produzca un determinado fallo para el cliente o la empresa. Para la aplicación en la empresa la "Gravedad" se evalúa en una escala del 1 al 5, presentado en una "Tabla de Gravedad".

Ocurrencia: Evalúa la probabilidad de que se produzca el modo de Fallo. Para la aplicación en la empresa la "Ocurrencia" se evalúa en una escala del 1 al 5, presentado en una "Tabla de Ocurrencia".

Detección: Evalúa, para la probabilidad de detectar dicha Causa y el Modo de Fallo resultante. Para la aplicación en la empresa la "Detección" se evalúa en una escala del 1 al 5, presentado en una "Tabla de Detección".

Una vez establecido los valores de Gravedad, Ocurrencia y Detección de los modos de fallo se procede a calcular el Número de Prioridad de Riesgo (NPR) y a graficar un Pareto ordenado de mayor a menor; esto permite proponer acciones de mejora para los valores de NPR altos.

A continuación, se presentan las tablas de "Gravedad", "Ocurrencia" y "Detección".

Tabla 2-4

Tabla de Gravedad

Escala	GRAVEDAD
1	Ínfima. La desviación no genera daños.
2	Baja. La desviación es de fácil solución, no genera daños.
3	Moderada. La desviación tiene solución, compromete tiempos de ejecución de trabajos.
4	Elevada. La desviación puede generar daños al elemento, requiere evaluación técnica para ver aceptabilidad.
5	Muy elevada. Desviación genera daños al elemento o generar daños a futuro, requiere trabajos sobre el elemento, puede requerir cambio.

Nota. Adaptado de Análisis Modal de Fallos y efectos, Librería HOR DAGO

Tabla 2-5*Tabla de Ocurrencia*

Escala	OCURRENCIA
1	Sin ocurrencia. No se ha presentado la desviación.
2	Poca ocurrencia. Al menos 1 o dos veces durante el desarrollo del proyecto.
3	Intermedia. Entre 3 a 5 veces durante el desarrollo del proyecto.
4	Frecuentemente ocurre. Se presenta 1 vez cada mes.
5	Muy frecuente nivel de ocurrencia. Se presenta más de 1 vez en el mes.

Nota. Adaptado de Análisis Modal de Fallos y efectos, Librería HOR DAGO

Tabla 2-6*Tabla de Detección*

Escala	DETECCIÓN
1	Muy fácil detección. El método de control permite detectar la desviación antes que se genere.
2	Fácil detección. El mecanismo de control permite detectar la desviación.
3	Moderado nivel de detección. Puede escapar algún control, pero es detectable en una etapa posterior.
4	Difícil detección. Hay controles, pero no son efectivos para detectar la desviación.
5	Muy difícil detección. No se tienen mecanismos que permita detectar la desviación.

Nota. Adaptado de Análisis Modal de Fallos y efectos, Librería HOR DAGO

2.2. Marco Conceptual

AMFE: Herramienta de calidad que permite analizar la forma de un producto o un proceso desde la etapa del diseño mediante una evaluación de las posibilidades de falla que se pudieran presentar.

Análisis de causa Raíz: Metodología estructurada que se enfoca en encontrar la/las causa(s) principal(es) de un hallazgo/desviación, asociado a un proceso, a fin de tratarla mediante acciones correctivas, y evitar la recurrencia del hallazgo no conforme/desviación.

Acción correctiva: Acción tomada para eliminar una no conformidad o desviación detectada.

Avance de Construcción: Progreso real alcanzado en relación con lo que estaba planificado, medido en términos de tiempo, volumen de trabajo, costos.

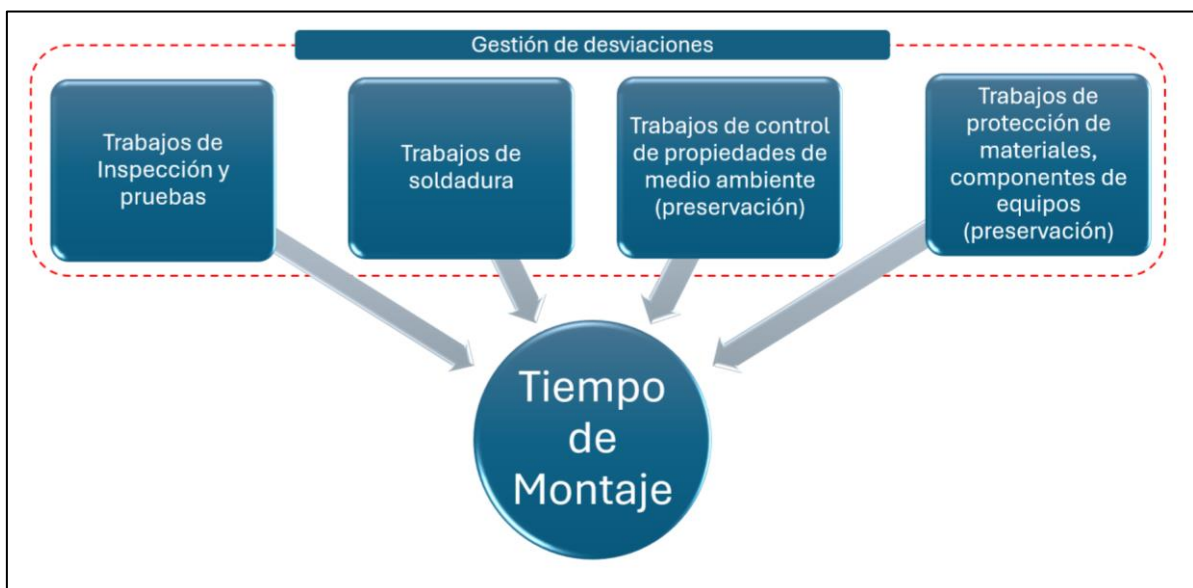
Avance de inspección: Progreso real alcanzado en base a un porcentaje de actividades de inspección completadas (aprobadas) respecto a un total de inspecciones planificadas, establecido en el plan de inspección.

Carpeta de Construcción (CRP): Conjunto de documentos que identifica el alcance o los límites de la batería de un subsistema que se está preparando para precomisionamiento. Contiene los documentos de las pruebas de verificación de la construcción aplicables al subsistema para precomisionamiento. Valida la terminación de la construcción

Constructo: Presentado en la figura 39.

Figura 39

Constructo – Gestión de desviaciones en el proceso constructivo Molino SAG



Desviación: Una desviación es cualquier desviación de las especificaciones, métodos, procedimientos o instrucciones aprobados que pueda afectar la calidad de un producto o proceso.

Dossier de Calidad: Es toda la documentación de Calidad, contractualmente solicitada por el Cliente y emitido una vez concluido el proyecto.

Ensayo: Es someter un producto o entregable a una prueba estandarizada en un laboratorio de obra o laboratorio externo aprobado por el Cliente o responsable, con el fin de verificar la conformidad del mismo.

Grout: Mezcla fluida de materiales cementantes (como cemento, arena fina, agua y aditivos) utilizada para rellenar vacíos, fijar elementos estructurales o mejorar la capacidad portante de ciertas zonas en obras de construcción. Una vez endurecido, proporciona resistencia, estabilidad y protección a los elementos que rodea.

Índice de rechazo de soldadura: Indicador que mide la proporción de soldaduras defectuosas en relación con total de soldaduras realizadas durante un proceso de fabricación o montaje. Permite evaluar la calidad del trabajo de soldadura.

Inspección: Actividad relacionada a identificar un parámetro o variable a analizar en base a un entrenamiento, empleando instrumentos de medición según el parámetro a evaluar, compara la magnitud del parámetro con un criterio de aceptación ó rechazo. Para el trabajo desarrollado, entiéndase también como las actividades de verificación antes-durante-después para asegurar la conformidad.

NCR: Reporte de No Conformidad

Plan de Puntos de Inspección (PPI): Documento que describe secuencialmente las diferentes actividades que se van a realizar, los controles pertinentes y los formatos que se deben llenar para evidenciar la realización de la inspección. Durante el desarrollo de este trabajo se utiliza las siglas PPI.

Precomisionado: Proceso mediante el cual se verifica, inspecciona, prueba y prepara un sistema / subsistema o equipo para su comisionado o puesta en marcha. Durante esta fase, se asegura que todos los equipos, instalaciones, conexiones y componentes estén instalados correctamente, cumplan con las especificaciones del proyecto, y que estén listos y seguros para iniciar operaciones, se realiza antes de poner en operación el sistema o equipo (sin carga).

Preservación: Acción de cuidar o proteger un material, componente de equipo o equipo para asegurar su buen estado, evitando su deterioro, daño o pérdida. Comprende actividades de control de propiedades del medio ambiente o trabajos de protección.

Protocolo: Es la denominación no formal que se le hace tanto al formato como al registro.

Prueba: Referido a la verificación de conformidad de un entregable mediante un procedimiento, aplicado en general a materiales, productos o procesos.

PQR: De la terminología en inglés (Procedure Qualification Record) es un registro técnico que documenta los resultados de las pruebas realizadas a una soldadura de prueba ejecutada siguiendo un WPS (Welding Procedure Specification). Su objetivo es demostrar que el procedimiento de soldadura propuesto es válido y cumple con los requisitos de calidad, resistencia y seguridad exigidos por las normas aplicables.

Sistema de Gestión de la Calidad (SGC): Conjunto de procesos, recursos y acciones utilizadas en forma planificada para dirigir y controlar la organización en lo relativo a la Calidad.

Tiempo de montaje: Periodo de tiempo acordado contractualmente para la terminación y entrega de alguna actividad. Para el molino SAG, es el periodo necesario para instalar o ensamblar todos sus componentes en el sitio de operación, incluye la entrega de los documentos establecidos para validar el término de la construcción y dar pase a los trabajos de precomisionado – comisionado. El periodo de tiempo viene establecido en el cronograma de obra (comprende las actividades de construcción), puede expresarse en términos de Horas Hombre requeridas para el trabajo (HH).

Punch list (PL): Lista numerada de deficiencias que describe el trabajo defectuoso o pendiente generado a partir de inspecciones y/o revisiones de los componentes, equipos, sistemas o subsistemas, tiene como fin verificar la finalización del trabajo de construcción.

WPS: De la terminología en inglés (Welding Procedure Specification) es un documento técnico que detalla de manera específica los parámetros, materiales, métodos y condiciones necesarias para realizar una soldadura de manera segura y conforme a los

estándares de calidad establecidos. Este documento sirve como guía para los soldadores y personal de inspección, asegurando que todas las soldaduras se realicen de forma uniforme y cumplan con los requisitos estructurales, normativos y de seguridad.

Capítulo III

Desarrollo del Trabajo de Investigación

3.1. Situación del proyecto

El proyecto con alcance montaje de una Planta Concentradora (multidisciplinario)¹⁶ inició su construcción en marzo 2019. Como parte de los trabajos constructivos se encuentra la instalación de 02 molinos SAG, para los cuales se tuvo una planificación inicial de 10 meses para cada molino, durante la ejecución de la obra se tuvieron eventos que impactaron en el plazo los cuales originaron que los tiempos de montaje de los molinos SAG se incrementaran, como se muestra en la tabla 3-1.

Tabla 3-1

Tiempos de montaje Molinos SAG

Equipo	Tipo	Inicio	Fin	Meses	Comentarios
Molino SAG 1	Plazo Inicial	07/05/20	24/03/21	10.7	Aprobado inicial.
	Plazo final	04/12/20	30/07/22	20.1	Actualizado durante el proyecto.
	Fecha registro de control de calidad (ultimo)	---	12/09/22		Referido al cierre de 01 registro de grout 28 días después del vaciado.
	Plazo Inicial	17/04/20	20/02/21	10.3	Aprobado inicial.
Molino SAG 2	Plazo final	27/06/20	31/05/22	23.4	Actualizado durante el proyecto.
	Fecha registro de control de calidad (ultimo)	---	13/08/22		Referido a trabajos de revisión de ajuste de pernos en estator.

Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

Entre los eventos ocurridos en los Molinos SAG que originaron estas variaciones en plazos de entrega se tuvieron eventos externos, asociados al Cliente y a la empresa, entre los eventos no atribuibles a la empresa se tuvieron:

- Impactos ocasionados por la pandemia (Covid19).
- Impactos por llegada de suministros de materiales y otros externos administrativos.

¹⁶ Multidisciplinario: Comprende las disciplinas de Movimiento de Tierras, Concreto, Estructuras, Mecanica, Tuberías, Electricidad, Instrumentación.

- Impactos asociados a realizar trabajos por la empresa en parte de los suministros del Cliente, al encontrarse desviaciones constructivas (Tabla 3-2).

Tabla 3-2

Desviaciones constructivas asociadas a suministros del Cliente

Ítem	Descripción de evento	HH invertidas en reparación	Costo (USD)
1	Errores dimensionales en fabricación de componentes.	7878	100811.5
2	Presencia de defectología superficial	3846	100939.7
3	Daños debido a no preservación	5961	112708.2
Total		17686	314459.4

Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

Los eventos durante la ejecución del proyecto relativos a la construcción de los Molinos SAG asociados a la empresa se reúnen en la Tabla 3-3, la cual contiene la descripción del defecto, fecha de apertura y cierre de la desviación, las horas hombre asociada a la reparación y su costo estimado en dólares.

Debido a que los datos de retrabajo son confidenciales en la empresa, hacemos una estimación en base a lo trabajado en el proyecto, de estos cálculos tenemos un total de 7230 HHR (Horas hombre invertidas en reparación de defectos) y un costo estimado de USD 108450.

Tabla 3-3

Ocurrencias Calidad durante la ejecución molino SAG

Molino	Doc.	Desviación	Apertura registro	Cierre registro	Días cierre desv.	HHR ¹⁷	Costo estimado (USD)
Molino SAG 1	NCR-020	Obs. preservación pernos de anclaje.	24/1/2020	16/2/2020	23	160	2400
	NCR-059	Obs. Preservación de estator.	29/11/21	14/02/22	77	2710	1350
	NCR-074	Obs. en segmento 1 de estator (índice de polarización bajo).	17/02/22	21/03/22	32	430	6600
	NCR-089	Esparrago de anillo rozante de estator dañado durante trabajos.	4/6/2022	28/6/2022	24	90	40650
	NCR-098	Observación en instalación de pernos en sistema de limpieza antipolvo y protección antilluvia del estator.	4/8/2022	28/8/2022	24	440	6450
	PL	Obs. preservación de unidad hidráulica del sistema de freno	19/07/22	05/08/22	17	60	900
	PL	Obs. Preservación unidad de lubricación de descansos	19/07/22	02/08/22	14	60	900
Molino SAG 2	QSR-063	Obs. preservación trunnion bearing instalado	18/9/2020	20/10/2020	32	100	1500
	QSR-088	Obs. preservación de pernos SPC4 Shell Molino.	19/11/2020	23/11/2020	4	200	3000
	QSR-120	Obs. preservación de estator	10/2/2021	14/2/2021	4	40	600
	QSR-146	Soldadura observada en anillo rozante de estator.	5/6/2021	8/7/2021	33	60	900
	NCR-020	Obs. preservación pernos de anclaje.	24/1/2020	16/2/2020	23	140	2100
	NCR-059	Obs. Preservación de estator.	29/11/21	14/02/22	77	2710	40650
	NCR-096	Soldadura observada en anillo rozante de estator.	26/7/2022	28/9/2022	64	30	450
Total						7230	108450

Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

¹⁷ HHR: Horas hombre invertidas en reparación de defectos.

De otro lado para considerar la terminación de construcción es necesario haber concluido todos los trabajos de instalación al igual que las pruebas y los documentos respectivos para que el sistema o entregable sea precomisionado, como viene establecido en el contrato, debido a la confidencialidad de las comunicaciones no se coloca imágenes de este.

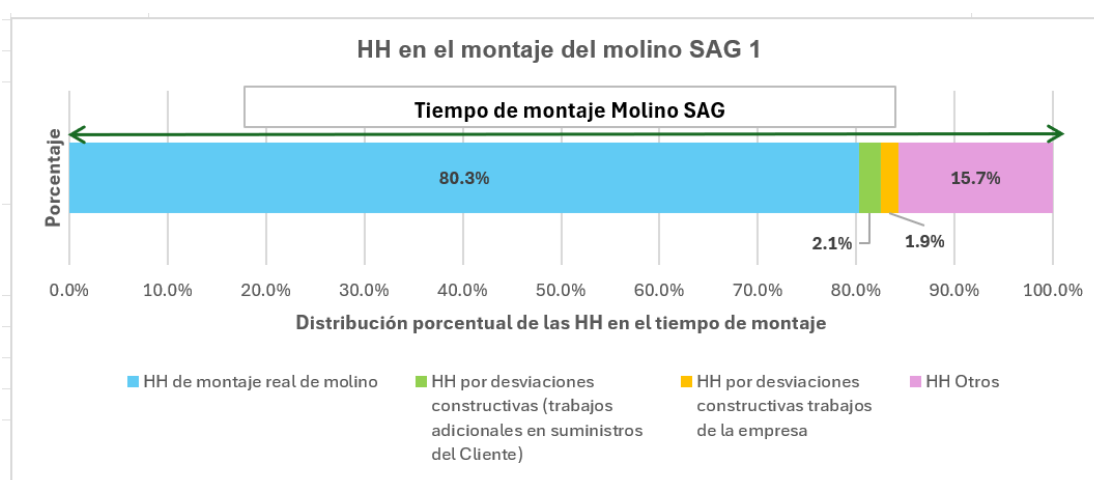
Los resultados de las tablas 3-2 y 3-3 permiten apreciar el impacto debido a las desviaciones constructivas generadas, el cierre de las desviaciones es un requisito para completar los registros de los trabajos asociados y también validar la terminación de la construcción, para lo cual debe trabajarse en minimizar la aparición de desviaciones constructivas y no debe tenerse desviaciones pendientes de cierre.

Para visualizar el impacto de las desviaciones, en el montaje de los molinos SAG, se presenta lo siguiente (Figuras 40 y 41):

- HH de montaje por molinos SAG = 265558 HH (12 meses de montaje sin impacto)
- HH por desviaciones constructivas (trabajos adicionales en suministros del Cliente) = 17686 HH
- HH por desviaciones constructivas trabajos de la empresa = 7230 HH
- HH otros, producto de la pandemia del Covid 19 y las acciones para evitar los contagios.

Figura 40

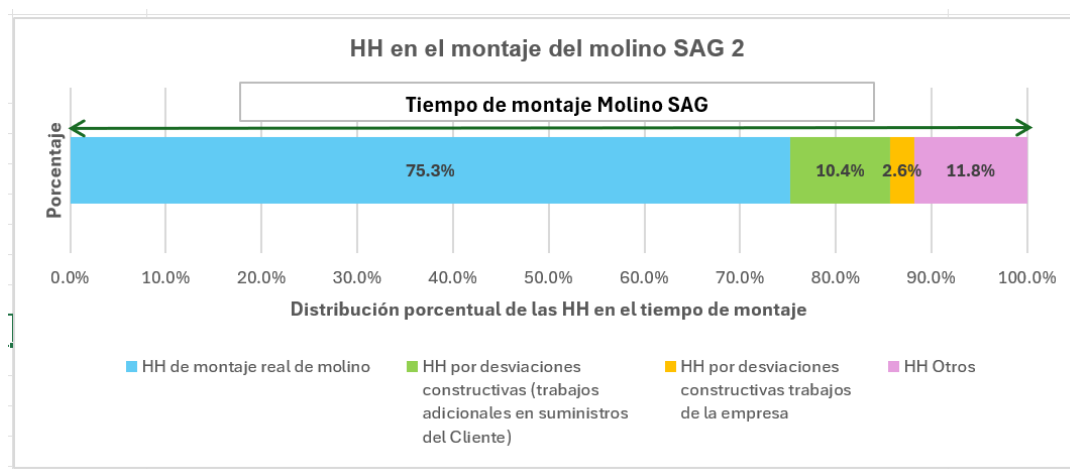
Impacto de las desviaciones en el montaje del molino SAG 1



Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

Figura 41

Impacto de las desviaciones en el montaje del molino SAG 2



Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

3.2. Dimensiones de análisis

Las desviaciones presentadas en el proyecto entran en las siguientes dimensiones de análisis, como se definió en los objetivos específicos:

- Trabajos de inspección y pruebas.
- Trabajos de soldadura.
- Trabajos de control de propiedades del medio ambiente como parte de la preservación.
- Trabajos de protección de materiales y componentes de máquinas como parte de la preservación.

Estas dos últimas dimensiones pueden englobarse en “trabajos de preservación” para efectos del análisis.

Durante el desarrollo del proyecto se trabajó en eliminar o reducir la aparición de las desviaciones en las dimensiones de análisis mostradas, esto en base a una serie de acciones implementadas que se van a pasar a explicar en el numeral 3.3.

Como parte del proceso de mejora continua y aporte a la empresa, se ha revisado las desviaciones en proyectos previos de montaje de molinos SAG ejecutados por la empresa. La revisión se enfocó en proyectos de características similares, aquellos desarrollados en la región andina del Perú, a una altitud aproximada de 3,000 metros sobre

el nivel del mar. Estos proyectos comparten condiciones ambientales exigentes, desafíos logísticos en el traslado interno y una gran envergadura en términos de ejecución.

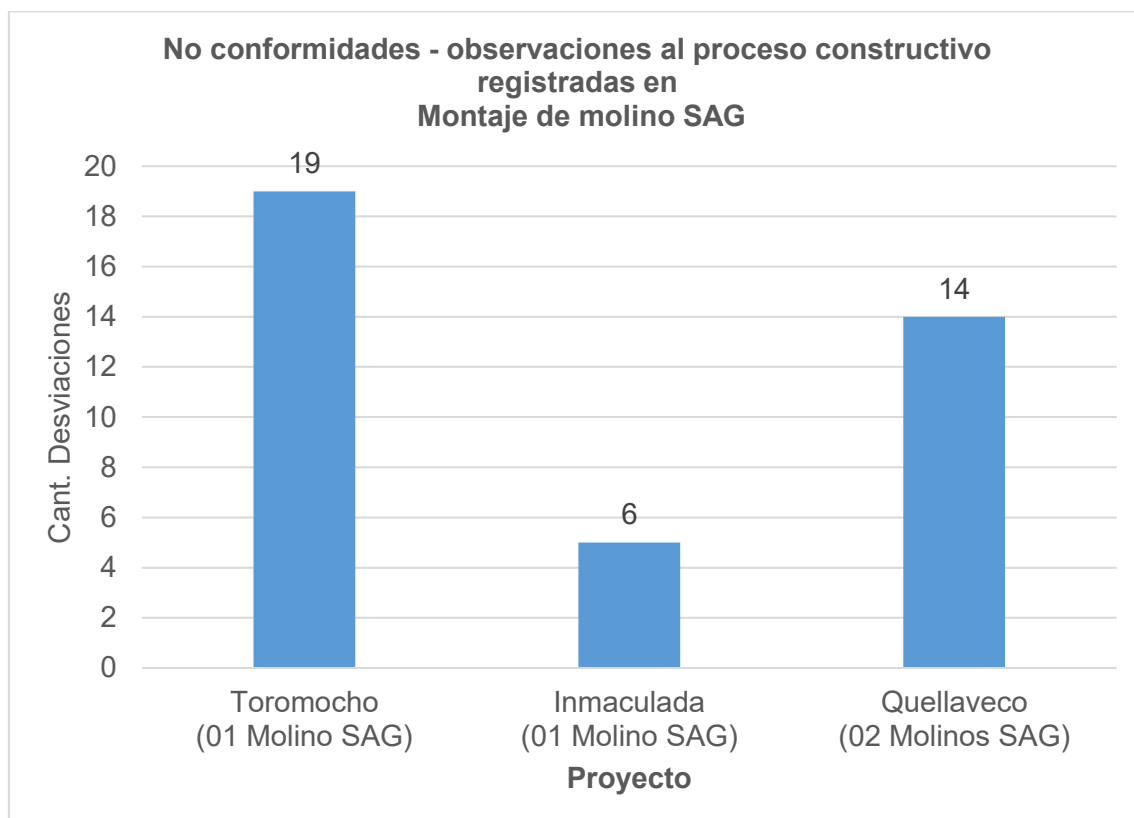
A partir de la revisión de la información histórica de la empresa, se identificaron desviaciones en el proceso constructivo del montaje de molinos SAG. Estas desviaciones presentadas pueden estar comprendidas en lo siguiente:

- *Desviaciones particulares del proyecto:* Cuando una desviación es específica de un proyecto en particular, las medidas correctivas implementadas sirven como referencia para evitar su repetición en futuros proyectos similares. En estos casos, se debe prestar especial atención a otras posibles desviaciones emergentes, tomando como base las lecciones aprendidas y el registro de desviaciones de proyectos anteriores.
- *Desviaciones recurrentes en proyectos:* Si una desviación se presenta en varios proyectos, representa una oportunidad de mejora para optimizar los procesos de la empresa. En estos casos, se deben establecer medidas correctivas de aplicación general para fortalecer la calidad en futuros proyectos.

La figura 42 presenta la cantidad de desviaciones (no conformidades – observaciones) registradas al proceso constructivo referidas a montaje de Molino SAG, (en el Anexo B se presenta la lista de desviaciones registradas).

Figura 42

Desviaciones al proceso constructivo registradas en montaje de molino SAG



Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

Para el análisis, se realiza lo siguiente:

- Revisión de cada registro realizado para separar desviaciones en caso se hayan registrado más de una por registro, clasificación de cada desviación para determinar su correspondencia con las dimensiones de análisis establecidas en el trabajo de investigación. Esta clasificación permite un mejor tratamiento y análisis de los datos. En el Anexo B se presenta las desviaciones, su clasificación y su correspondiente dimensión de análisis y en el Anexo C se presenta el Listado de Clasificación de Desviaciones.
- Determinación de las desviaciones a trabajar, esto se realiza empleando dos metodologías, utilizando la metodología de Pareto y el concepto de nivel de prioridad de riesgo (NPR) de la metodología de análisis modal y efecto de falla¹⁸.

¹⁸ Diputación Foral de Biskaia, Análisis modal de Fallos y efectos. Liberia HOR DAGO.

En el Anexo B se presenta las valoraciones por desviación detectada según la metodología del análisis modal y efecto de falla, así como su nivel de prioridad de riesgo.

A continuación, en la Tabla 3-4 se presenta los datos utilizando la metodología de Pareto.

Tabla 3-4

Desviaciones distribuidas por dimensión de análisis - Pareto

Clasificación de Desviación	Trabajos de inspección y pruebas	Trabajos de preservación	Trabajos de soldadura	Total	% Pareto
Preservación subestandar		18		18	38%
Colocación y ajuste de pernos deficiente	7			7	53%
Desviación al proceso de soldadura			5	5	64%
Fisuras en grout	3			3	70%
Dimensión no conforme	3			3	77%
Manipuleo deficiente	2			2	81%
Daño en elemento	1			1	83%
Recubrimiento incorrecto	1			1	85%
Preparación superficial incorrecta	1			1	87%
Elemento faltante	1			1	89%
Ubicación incorrecta	1			1	91%
Montaje no sigue procedimiento	1			1	94%
Pernos de anclaje fuera de tolerancia	1			1	96%
Maniobra inadecuada	1			1	98%
Magnitud no conforme	1			1	100%
	24	18	5	47	

Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

La Tabla 3-4 muestra una primera selección simple de las desviaciones de acuerdo con la cantidad de veces que se han presentado, pero hay que tener en cuenta que no es suficiente la cantidad de veces que aparece una desviación para determinar los más críticos, por ejemplo, las siguientes 02 desviaciones que están cerca al 80%, en el contexto en las cuales se presentan no requieren un tratamiento especial, es reforzamiento de los controles existentes en la empresa para ver su no ocurrencia:

Dimensión no conforme: Se refiere al suministro del trunnion bearing y los pernos a cargo del Cliente. Esta observación es una detección de la empresa y comunicada al Cliente para su pronta intervención, no es una observación en el proceso de trabajo de la

empresa. El taco de madera es un elemento suministrado y utilizado por la empresa, no presenta un riesgo de alto impacto en la calidad del producto final.

Daño en elemento: La desviación encontrada en la placa de los piñones del molino SAG corresponde a un suministro del Cliente atribuible al proceso de fabricación, es una detección de la empresa y comunicada al Cliente para su pronta intervención. El daño en el proyector del perno de anclaje y cortes en el enjebado del molino no tienen un impacto mayor en la calidad del producto final, en la medida que son detectables y de solución con los controles existentes.

Por ello se decide hacer un análisis usando la metodología de análisis de fallos y efectos (AMFE), empleando los índices de evaluación Gravedad, Ocurrencia y Detección (tablas 2-4, 2-5 y 2-6) hallamos el nivel de prioridad de riesgo (NPR) y aplicamos nuevamente la herramienta de análisis de Pareto, obteniendo los datos presentados en la Tabla 3-5 y su grafica correspondiente en la figura 43. El NPR mostrado en la tabla 3-5 es la acumulación, es decir la suma de los productos de cada desviación involucrada en el tipo de desviación.

Tabla 3-5

Nivel de Prioridad de Riesgo - Pareto

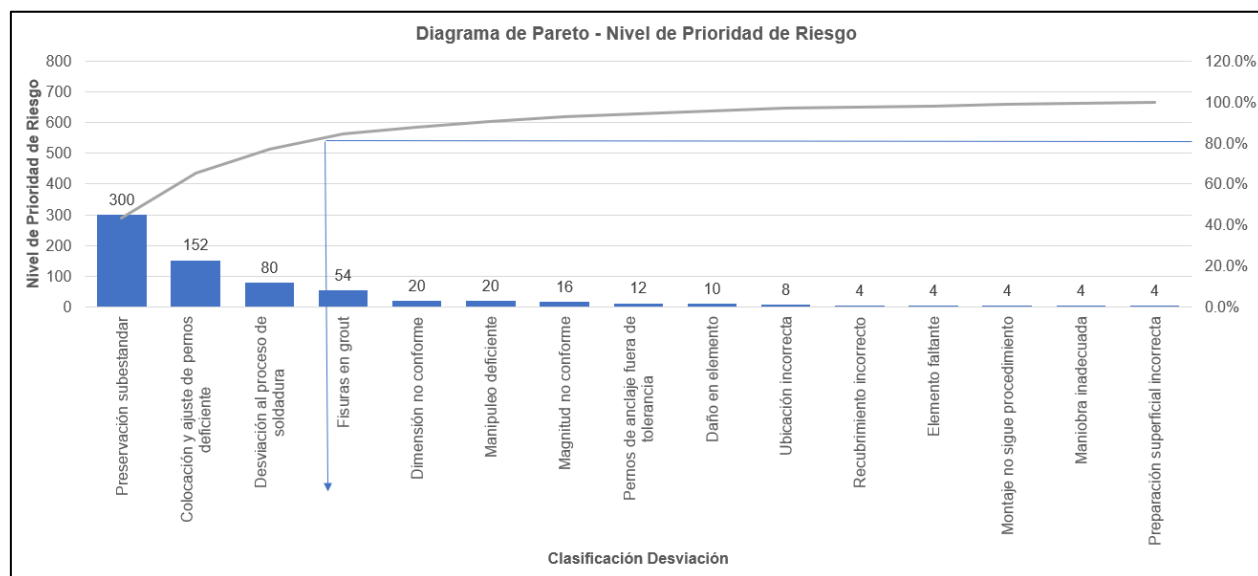
Clasificación de Desviación	Nivel de Prioridad de Riesgo (NPR)	% Pareto
Preservación subestándar	300	43.4%
Colocación y ajuste de pernos deficiente	152	65.3%
Desviación al proceso de soldadura	80	76.9%
Fisuras en grout	54	84.7%
Dimensión no conforme	20	87.6%
Manipuleo deficiente	20	90.5%
Magnitud no conforme	16	92.8%
Pernos de anclaje fuera de tolerancia	12	94.5%
Daño en elemento	10	96.0%
Ubicación incorrecta	8	97.1%
Montaje no sigue procedimiento	4	97.7%
Recubrimiento incorrecto	4	98.3%
Elemento faltante	4	98.8%
Preparación superficial incorrecta	4	99.4%

Clasificación de Desviación	Nivel de Prioridad de Riesgo (NPR)	% Pareto
Maniobra inadecuada	4	100.0%

Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

Figura 43

Nivel de Prioridad de Riesgo - Diagrama de Pareto



Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

Los resultados de la tabla 3-5 determinan que las desviaciones de mayor riesgo en las cuales se debe trabajar son:

- Sin preservación
- Desviaciones al proceso de soldadura
- Colocación de ajuste de pernos deficiente

Sin embargo, se aprecia que las fisuras en el grout son potencialmente críticas; por ello se pondrán acciones de prevención y corrección para esta desviación.

Vemos que acorde a lo presentado en el proyecto, las dimensiones de análisis siguen siendo:

- Inspección y pruebas
- Preservación
- Soldadura

A continuación, se presenta lo desarrollado para cada dimensión de análisis.

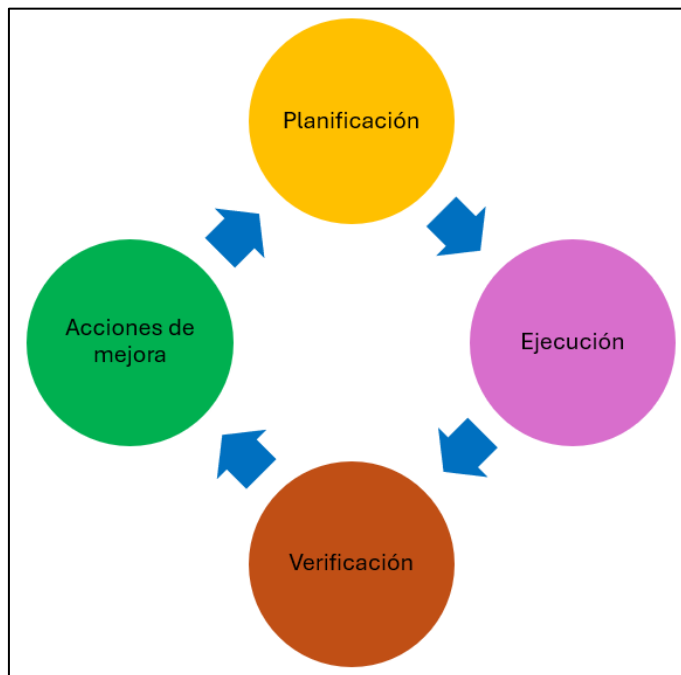
3.3. Análisis de las Dimensiones

La gestión de desviaciones implica hacer una revisión del proceso y evaluar que parte del mismo requiere acciones de mejora.

3.3.1. Inspección y pruebas

Figura 44

Metodología seguida para Inspección y pruebas



3.3.1.1. Planificación:

- Se revisa el contrato y los documentos técnicos del proyecto como especificaciones, normativa técnica. Con esta información identificamos los requisitos a cumplir.
- Se lista los documentos a elaborar, en base a lo revisado, establecemos los requisitos y se define los documentos que deben tenerse para la ejecución de los trabajos (procedimientos, planes de inspección, formatos). Esto es revisado en conjunto con el Área de Construcción, se establece compromisos de entrega de los documentos antes de las fechas de inicio de los trabajos.

- Se define como se va a medir y controlar el proceso, se define un indicador de calidad medible. Para el proceso de inspección y pruebas se tiene el indicador de cumplimiento de los puntos de inspección, a través de los protocolos emitidos.

$I = \% \text{ Avance Protocolos} / \% \text{ Avance de avance Construcción}$

Meta del indicador $\geq 60\%$

- Se evalúa los recursos para realizar las inspecciones y pruebas (personal, equipos de medición y ensayo, muebles, útiles de oficina, equipos de cómputo, software, transporte, infraestructura de oficinas).
- Se define la distribución del personal en base al cronograma del proyecto, revisándose periódicamente.
- Se elabora el procedimiento de gestión de no conformidades.
- Se elabora el programa de capacitaciones.

3.3.1.2. Ejecución

- Se elaboran los PPIs aplicables; para ello se cuenta con un Ingeniero responsable. Los PPIs elaborados fueron para el molino (Carcasa, cojinetes de muñón, tambor, unidad de lubricación, unidad de engrase) y para el estator (motor).
- Se procede a la revisión de los puntos de control con el área de construcción.
- Se elabora la Matriz de protocolos¹⁹ y los listados de protocolos (logs) para control del proceso.
- Se elabora el Programa diario de inspecciones, coordinado con construcción, lo cual permite planificar la inspección dentro del programa de trabajo, esto permite el tiempo necesario y las condiciones adecuadas para la inspección.

¹⁹ Matriz de protocolos: documento que permite visualizar los formatos de calidad requeridos para la liberación constructiva de un equipo.

- Se realiza reuniones de trabajo con el personal encargado de las inspecciones, identificando necesidades que puedan presentarse para el desarrollo normal de los trabajos.
- Se revisa y actualiza de ser necesario, el histograma de personal. Esto permite tener el recurso humano en los tiempos requeridos.
- Se realiza el monitoreo de las vigencias de calibración de los equipos de medición.
- Se identifica en el plan de trabajo si va a ser requerido algún procedimiento adicional por actividades nuevas no contempladas a ser ejecutadas.
- Se realiza las inspecciones diarias de acuerdo con el Plan.
- Se realizar las inspecciones, pruebas y ensayos de acuerdo con lo definido en el PPI.
- Se gestiona las no conformidades generadas mediante reuniones al interno y con el Cliente. Al interno se establece una reunión inicial de comunicación del evento sucedido, acciones de cierre, seguimiento al cumplimiento de las acciones para cierre.
- Se hace un seguimiento a la generación y aprobación de documentos requeridos para los trabajos de construcción (procedimientos, plan de puntos de inspección, formatos).
- Se ejecuta el programa de capacitaciones elaborado.
- Se trabaja el archivo, procesamiento de los protocolos de inspección en las carpetas de construcción que serán entregadas al término de la construcción.

3.3.1.3. Verificación

- Se monitorea el indicador de calidad del proceso. Se define un monitoreo semanal y reportabilidad mensual.

Para el proceso de inspección y pruebas se implementó como medición y control del proceso el avance de las inspecciones a través de la protocolización. Se emplea un

seguimiento al avance de construcción vs el avance de las inspecciones realizadas debidamente registradas. Se hace un seguimiento al indicador I (%) definido para el proceso.

En la tabla 3-6 y figuras 45 y 46 se alcanzan los valores del control realizado al proceso durante el montaje del molino SAG 1.

Tabla 3-6

Control del proceso Inspección y pruebas Molino SAG 1

Mes Proyecto	Molino SAG 1 Cant. Protocolos generados	Molino SAG 1 % Avance Acumulado protocolos	Molino SAG 1 % Avance Construcción	Molino SAG 1 Indicador I (%)
dic-20	3	0.93%	1.10%	84%
ene-21	26	8.98%	5.00%	180%
feb-21	9	11.76%	6.00%	196%
mar-21	23	18.89%	7.00%	270%
abr-21	21	25.39%	7.96%	319%
may-21	8	27.86%	26.00%	107%
jun-21	8	30.34%	29.13%	104%
jul-21	14	34.67%	35.00%	99%
ago-21	0	34.67%	35.00%	99%
sep-21	0	34.67%	35.00%	99%
oct-21	2	35.29%	36.50%	97%
nov-21	5	36.84%	37.00%	100%
dic-21	0	36.84%	38.58%	95%
ene-22	0	36.84%	38.00%	97%
feb-22	2	37.46%	39.92%	94%
mar-22	8	39.94%	50.96%	78%
abr-22	7	42.11%	60.00%	70%
may-22	17	47.37%	75.00%	63%
jun-22	42	60.37%	90.00%	67%
jul-22	101	91.64%	100.00%	92%
ago-22	26	99.69%	100.00%	100%
sep-22	1	100.00%	100.00%	100%
Total	323			

Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

Tengamos presente que la corrección de no conformidades impacta al tiempo de cierre de los protocolos.

Figura 45

Curva S – Avance Construcción vs Avance inspecciones Molino SAG 1

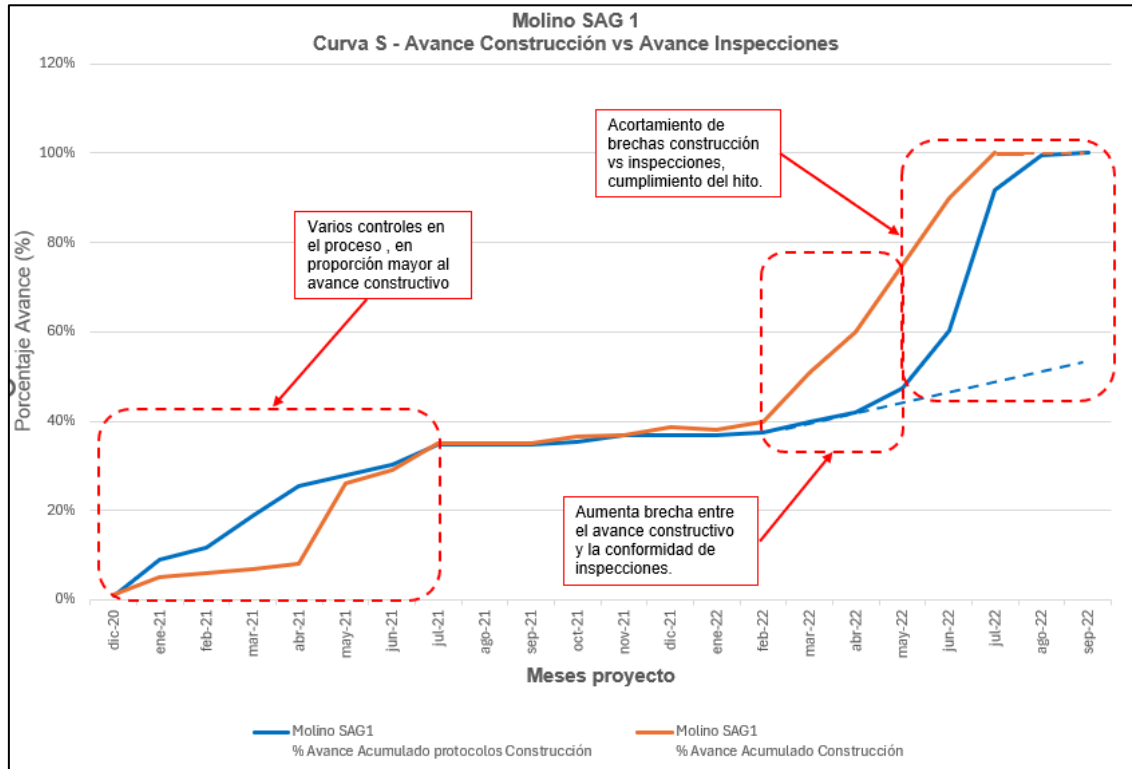
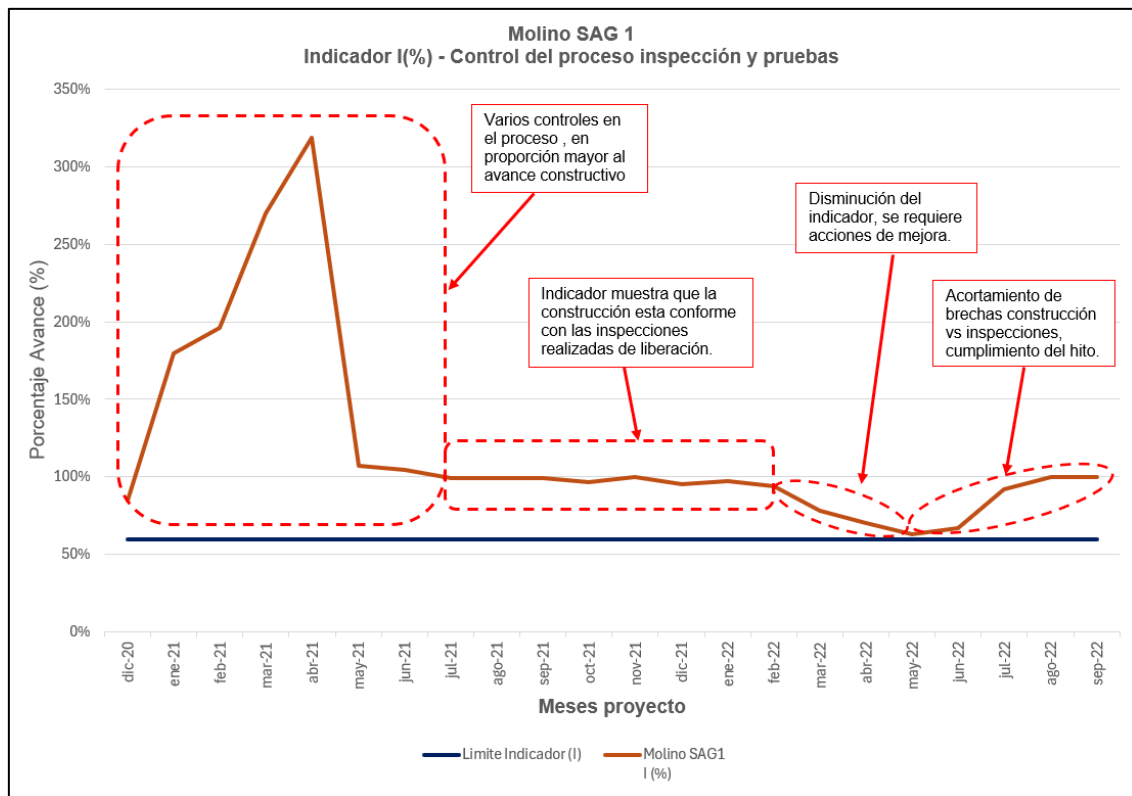


Figura 46

Indicador I(%) - Control del proceso inspección y pruebas Molino SAG 1



Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

Explicación de la curva de control del proceso de inspección y pruebas:

Meses de diciembre 2020 a Julio 2021: Inicia la construcción y las inspecciones requeridas al proceso, al inicio los porcentajes de avance constructivo se muestran subiendo poco, en el tema de inspecciones se realizan varios controles al proceso, mayor proporción que el avance de construcción, al hacer la relación de porcentajes el indicador muestra mayor al 100%. Se observa que el acompañamiento de las inspecciones vs la construcción va a la par según el avance. En esta etapa ocurren problemas de suministro de tapas del molino SAG1 para programación de actividades, observaciones de daños en PADs del molino por temas de preservación.

Meses de Agosto 2021 a Febrero 2022: El indicador de control del proceso muestra que las inspecciones van a la par con la construcción, no se tiene desfases significativos. En esta etapa, constructivamente no se ha solucionado el suministro de tapas del molino SAG1 para poder avanzar con las actividades de montaje.

Meses de febrero 2022 a Abril 2022: Se van solucionando temas que impactan el montaje, se tiene un programa de aceleración para cumplimiento de hitos de entrega, se observa que el indicador disminuye debido a la ejecución de los trabajos sin el llenado oportuno de los registros. Se observa que si se sigue con la misma tendencia de la curva de avance de inspecciones (mostrada en guiones color azul) la actividad no concluirá dentro de las fechas requeridas de entrega. Esto lleva al análisis e implementación de acciones para mejorar el indicador del proceso (explicadas en numeral 3.3.1.4).

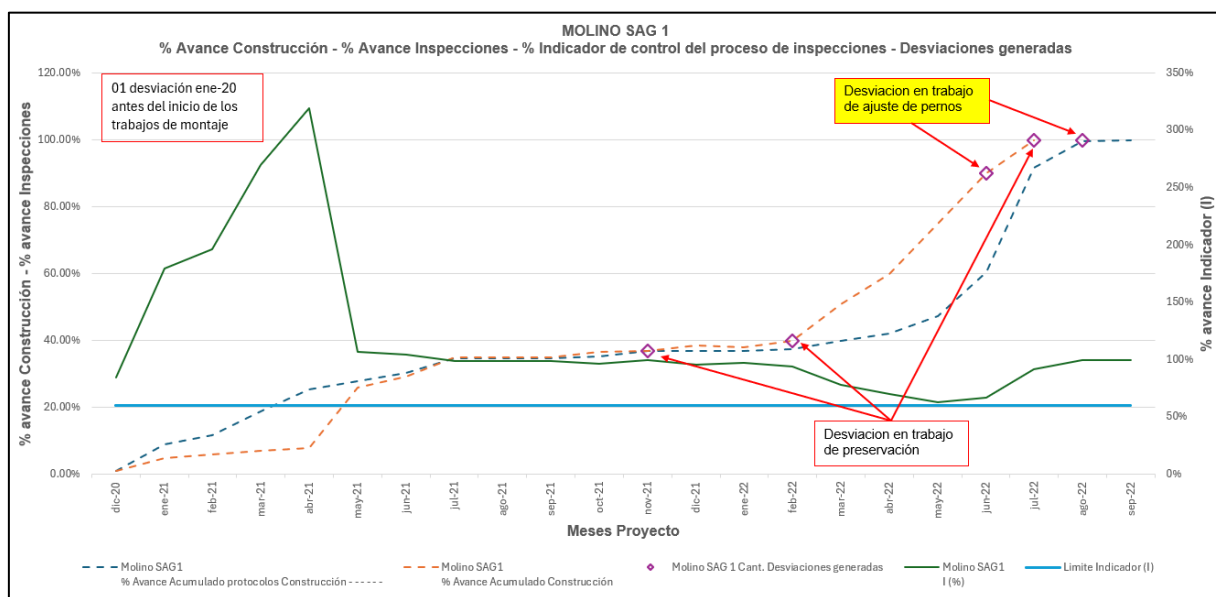
Meses de Mayo 2022 a Julio 2022: El avance constructivo sigue según lo planificado y se ven las mejoras en el indicador del control del proceso de inspecciones y pruebas. Se acortan las brechas entre las curvas de avance de construcción e inspecciones.

Meses de Agosto 2022 a Setiembre 2022: Termino de trabajos constructivos del Molino SAG 1 y ultimas inspecciones requeridas, se cierran desviaciones constructivas generadas, se cumple con el hito de entrega, el indicador muestra 100% final.

El trabajo realizado para la dimensión de análisis de inspección y pruebas reduce la aparición de desviaciones constructivas, generándose 02 desviaciones asociadas a la defectología en trabajos de pernos; lo referido a preservación se explica en el numeral 3.3.2. En la figura 47 se muestra resaltado de amarillo las desviaciones generadas asociadas a la dimensión de análisis de inspección y pruebas.

Figura 47

Desviaciones generadas en Molino SAG 1



Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

En la tabla 3-7 y figuras 48 y 49 se alcanzan los valores del control realizado al proceso durante el montaje del molino SAG 2. Se emplea un seguimiento al avance de construcción vs el avance de las inspecciones realizadas debidamente registradas. Se hace un seguimiento al indicador I (%) definido para el proceso.

Tabla 3-7*Control del proceso Inspección y pruebas Molino SAG 2*

Mes Proyecto	Molino SAG 2 Cant. Protocolos generados	Molino SAG 2 % Avance Acumulado protocolos	Molino SAG 2 % Avance Construcción	Molino SAG 2 Indicador I (%)
jul-20	11	3.7%	3.80%	98%
ago-20	0	3.7%	4.20%	89%
sep-20	1	4.1%	6.50%	63%
oct-20	20	10.8%	9.32%	116%
nov-20	7	13.2%	14.00%	94%
dic-20	26	22.0%	23.00%	96%
ene-21	16	27.5%	29.00%	95%
feb-21	11	31.2%	35.00%	89%
mar-21	8	33.9%	45.00%	75%
abr-21	5	35.6%	49.86%	71%
may-21	11	39.3%	52.50%	75%
jun-21	17	45.1%	55.98%	81%
jul-21	30	55.3%	68.00%	81%
ago-21	11	59.0%	73.00%	81%
sep-21	2	59.7%	73.00%	82%
oct-21	2	60.3%	80.00%	75%
nov-21	7	62.7%	85.00%	74%
dic-21	3	63.7%	92.94%	69%
ene-22	8	66.4%	94.00%	71%
feb-22	5	68.1%	96.57%	71%
mar-22	15	73.2%	99.58%	74%
abr-22	58	92.9%	99.80%	93%
may-22	8	95.6%	100.00%	96%
jun-22	7	98.0%	100.00%	98%
jul-22	0	98.0%	100.00%	98%
ago-22	6	100.0%	100.00%	100%
Total	295			

Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

Figura 48

Curva S – Avance Construcción vs Avance inspecciones Molino SAG 2

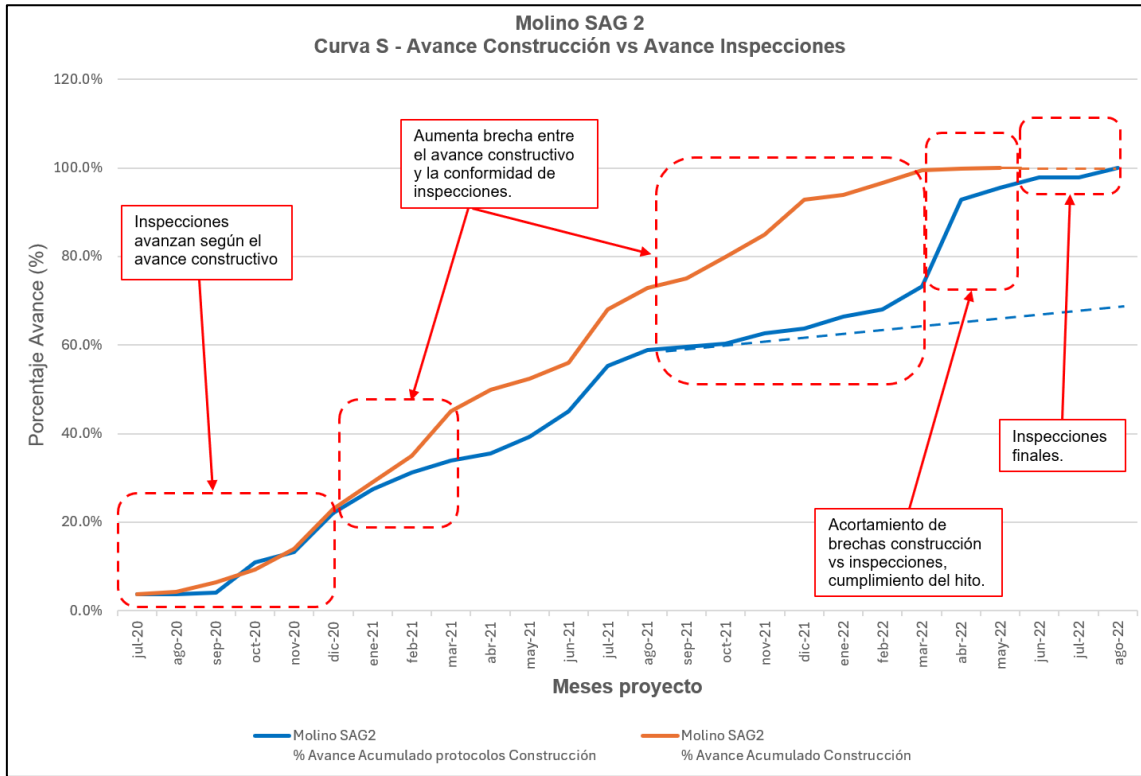
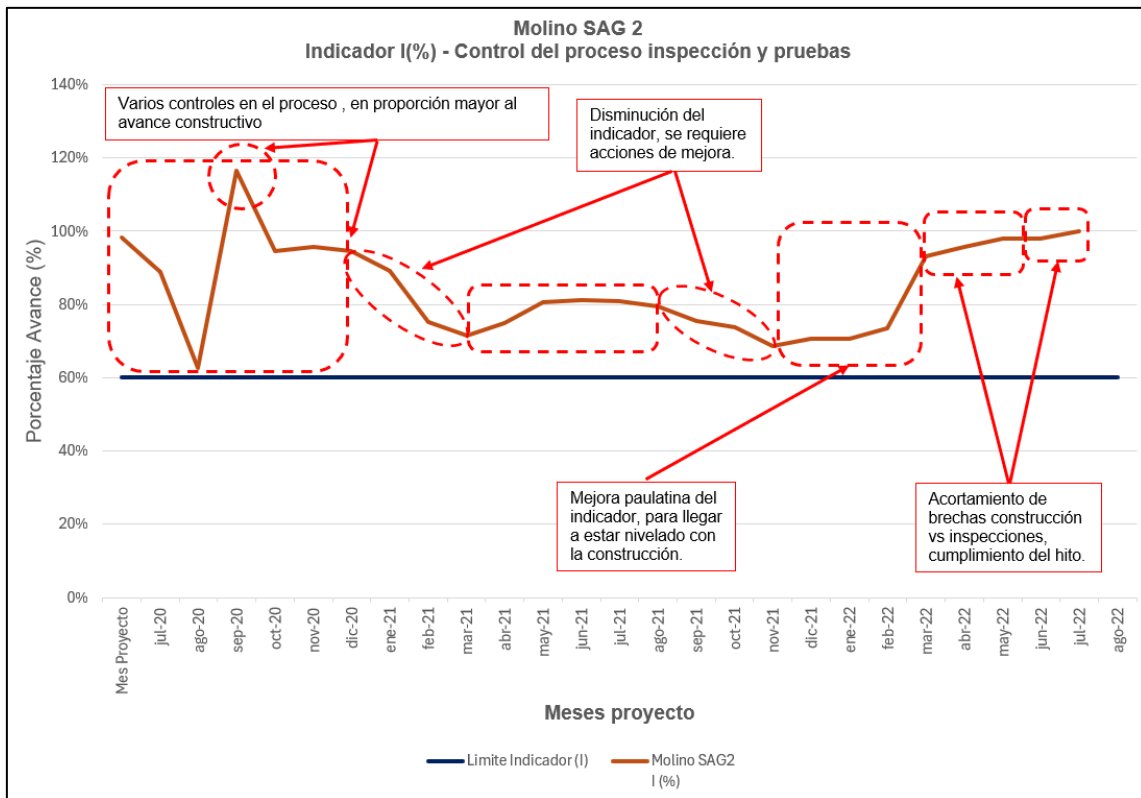


Figura 49

Indicador / (%) - Control del proceso inspección y pruebas Molino SAG 2



Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

Explicación de la curva de control del proceso de inspección y pruebas:

Meses de julio 2020 a diciembre 2020: Inicia la construcción y las inspecciones requeridas al proceso, al inicio los porcentajes de avance constructivo son bajos dado que los trabajos de montaje requieren primero el acondicionamiento de los componentes. En el tema de inspecciones se realizan varios controles al proceso en 1 mes (oct-20), mayor proporción que el avance de construcción, al hacer la relación de porcentajes el indicador se muestra mayor al 100%. Se observa que el acompañamiento de las inspecciones vs la construcción va a la par según el avance. Se presenta observaciones al suministro por parte del Cliente en componentes del molino SAG 2.

Meses de enero 2021 a marzo 2021: Comienza a presentarse una brecha entre los avances de construcción y las inspecciones de conformidad de trabajos. Siguen las observaciones en componentes del molino, no permitiendo cerrar las actividades. Se toman acciones para mejorar el indicador del proceso (explicadas en el numeral 3.3.1.4).

Meses de abril 2021 a agosto 2021: El indicador muestra una mejora del avance de inspecciones protocolizado vs el avance de construcción. Se van solucionando problemas constructivos que permiten cerrar actividades.

Meses de setiembre 2021 a febrero 2022: Vuelve a presentarse un distanciamiento entre la construcción, las inspecciones de cierre de actividades y protocolización de inspecciones, se tienen observaciones en suministros que no permiten el cierre de protocolos. Se toman acciones para mejorar el indicador del proceso (explicadas en el numeral 3.3.1.4), mostrándose una lenta tendencia a la mejora entre los meses de enero y febrero.

Meses de marzo 2022 a mayo 2022: El indicador muestra una mejora visible debido al cierre de trabajos de construcción lo cual permite también el cierre de protocolos. Se culminan actividades constructivas relativas al molino SAG 2.

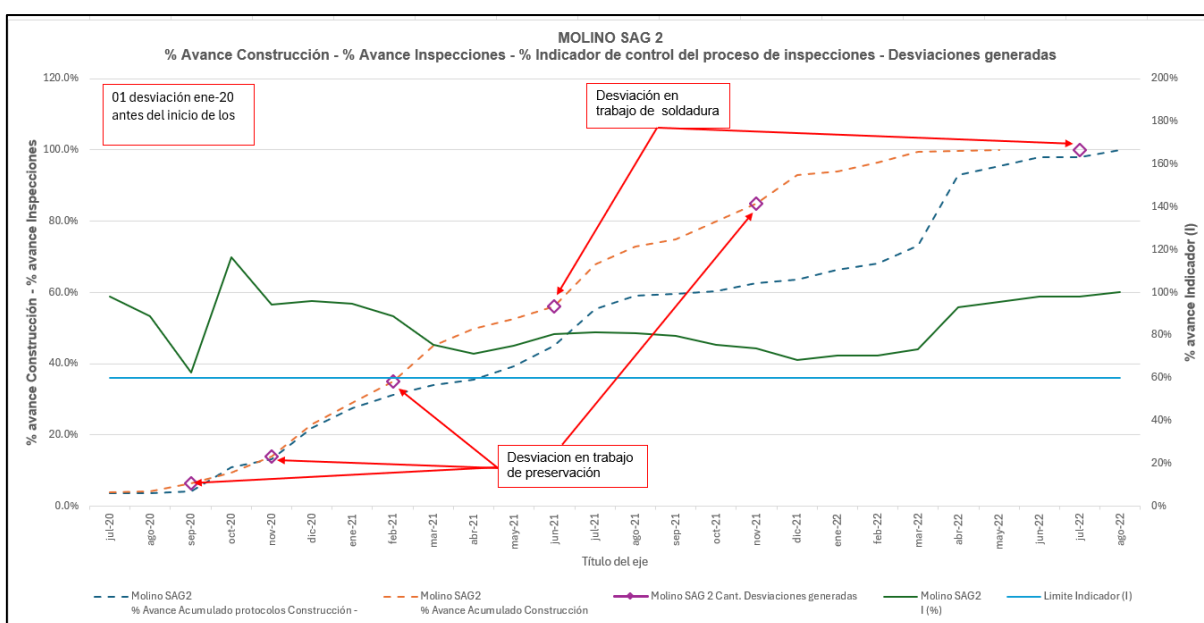
Meses de junio 2022 a agosto 2022: En Junio se dan las inspecciones finales y en Agosto se realiza una revisión del estator para asegurar que durante las pruebas de precomisionado no suceda lo ocurrido con el Molino SAG 1 (NCR-098, observación por

instalación de pernos de ajuste de escobillas en el sistema de limpieza antipolvo). En esta etapa la Supervisión genera la NCR-096 por observación a la soldadura en el anillo rozante, cuyo levantamiento no impacta porque el Cliente en una revisión acepta el trabajo ejecutado.

El trabajo realizado para la dimensión de análisis de inspección y pruebas reduce la aparición de desviaciones constructivas, lo referido a trabajos de soldadura se explica en el numeral 3.3.3 y la preservación se explica en el numeral 3.3.2. En la figura 50 se muestra las desviaciones generadas en el molino SAG 2.

Figura 50

Desviaciones generadas en Molino SAG 2



Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

3.3.1.4. Acciones de mejora implementadas

Las acciones de mejora se definieron para tratar ambos indicadores de los molinos SAG. Se tuvieron periodos que el indicador mostro disminución donde se tuvo que reforzar o hacer mejoras durante los trabajos, explicado a continuación:

- Para el trabajo de los molinos, debido a las medidas para evitar contagios del Covid 19 (con la vacunación en curso desde agosto 2021) en general se tuvieron ausencias a lo largo del proyecto por contagios o demoras en el ingreso de los inspectores asignados a las inspecciones; ante esto, como plan de contingencia

se realizó un trabajo de capacitación en el área de Calidad del proyecto para tener relevos de los inspectores de los molinos que eventualmente no pudieran estar en sitio. De un inicial planificado de 03 inspectores mecánicos para los dos molinos SAG, se dio capacitación interna a 10 inspectores mecánicos del área de Calidad en el periodo de agosto a febrero 2022, con el fin de tener relevos ante emergencias, los temas impartidos han sido el procedimiento constructivo del molino, el plan de puntos de inspección, uso de los formatos, manual del equipo. Capacitaciones guiadas por los inspectores del molino, de forma presencial y virtual. Esto permitió también una mejora de competencia en el personal para futuros proyectos. Durante la ejecución del molino se tuvo participación de los inspectores capacitados en el periodo de febrero a agosto del 2022 con resultados positivos.

Figura 51

Capacitaciones Molino SAG – Inspectores Calidad

					REGISTRO																												
					GESTION DE CALIDAD																												
					PROGRAMA DE CAPACITACIONES - MOLINO SAG																												

Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

- Se realizó capacitaciones al personal de construcción para difundir el plan de puntos de inspección o temas varios de los trabajos a ejecutar, estas capacitaciones se realizaron de manera que el personal de construcción no tuviera interrupciones a sus labores diarias. Esto permitió contar con personal de construcción que colaboró en la realización de las inspecciones y pruebas definidas. Como ejemplo se coloca el programa de capacitación de setiembre

2021 (figura 52) y en el Anexo D se presenta un cuadro resumen de las capacitaciones programadas realizados entre abril 2021 y julio 2022.

- Otro tema para mencionar es que durante la ejecución hay condiciones cambiantes de las áreas físicas, lo cual implica mover de lugar las oficinas para dejar terreno requerido para la construcción. Para mitigar este impacto se coordina con la Gerencia de Construcción a fin de que se tenga la infraestructura necesaria de oficina en una zona cercana al área de molienda, incluido el equipamiento para los trabajos de gabinete (impresoras, escáneres, PCs, laptops, insumos, muebles). Esto ayudo a no tener retrasos en la generación de la documentación de las inspecciones.

Figura 52

Programa de Capacitaciones Temas: Molino SAG, preservación equipos, soldadura, ajuste de pernos – Mes setiembre 2021

ÁREA DE CALIDAD						
PROGRAMA MENSUAL DE CAPACITACIONES						
PROYECTO : PLANTA CONCENTRADORA QUELLAVECO				MES: SEPTIEMBRE 2021		
			MÉRCOLES 01	JUEVES 02	VIERNES 03	SÁBADO 04
			PPI: Fortificación de taludes	Proced.: Resistencia de Aislamiento de Equipos y Cables	Proced.: Reparación de estructuras de concreto	Correcto llenado de Registros de Tubería
				Proced.:Torque de Pernos	PPI: Colocación de concreto	
				PPI: Movimiento de Tierras - Rellenos	Proced.: Reparación de estructuras de concreto	
				PPI: Colocación de concreto		
DOMINGO 05	LUNES 06	MARTES 07	MÉRCOLES 08	JUEVES 09	VIERNES 10	SÁBADO 11
Proced.: Gestion y Control de Suministros	Preservación de tuberías	Proced.: Pruebas de Verificación e Instalación de Pernos Twist Off y Arandelas DTI	Proced.: Procedimiento de Medición del Sistema de Puesta a Tierra	PPI: Acero estructural y misceláneos	PPI: Montaje de Salas Eléctricas	Proced.: Preservación de equipos mecánicos
Proced.: Pruebas VLF a conductores de Media Tensión	Preservación de Equipos	PPI: Montaje de Tubería	Preservación de Equipos	Montaje de Bombas de Hidrociclones	Preservación de Tubería	Proced.: Aislación y HI POT
PPI – Acero Estructural y Acero Misceláneo	PPI: Colocación de concreto	PPI: Movimiento de Tierras - Rellenos	Preservación de Estructuras	PPI: Colocación de concreto	Proced.: Montaje de Molino SAG	Correcto llenado de Registros de Tubería
			PPI: Muro de contención de tierra mecánicamente estabilizada - Muro TEM		PPI: Movimiento de Tierras - Rellenos	Proced.: Convocatoria de caminatas al 90% y 100% de avance constructivo y generación de Punch List
			PPI: Colocación de concreto			
DOMINGO 12	LUNES 13	MARTES 14	MÉRCOLES 15	JUEVES 16	VIERNES 17	SÁBADO 18
Preservación de Tuberías	Proced.: Recepcion almacenaje conservacion y manipuleo de electrodos de soldadura	PPI: Instalación de Circuitos eléctricos	PPI: Acero estructural y misceláneos	PPI: Sistema de Puesta a Tierra	PPI: Montaje de Tubería	Proced.: Preservación de equipos mecánicos
Proced.: Recepcion almacenaje conservacion y manipuleo de electrodos de soldadura	Torque de Pernos	Matriz de Almacenamiento y Preservación, Plan de Preservación	Preservación de Tuberías	Montaje de Hidrociclones	PPI: Sistema de Pararrayos	Proced.: Recepcion almacenaje conservacion y manipuleo de electrodos de soldadura
	Preservación de Equipos	Preservación de Equipos	Proced.: Reparación de estructuras de concreto	PPI: Movimiento de Tierras - Rellenos	Elaboración de Protocolos	Correcto llenado de protocolos-Estructuras
	Proced.: Reparación de estructuras de concreto	PPI: Movimiento de Tierras - Rellenos	PPI: Colocación de concreto	PPI: Colocación de concreto	PPI: Movimiento de Tierras - Rellenos	Correcto llenado de protocolos-E&I
DOMINGO 19	LUNES 20	MARTES 21	MÉRCOLES 22	JUEVES 23	VIERNES 24	SÁBADO 25
Proced.: Recepcion almacenaje conservacion y manipuleo de electrodos de soldadura	PPI: Instalación de Instrumentos	PPI: Montaje de Tubería	PPI: Montaje de espesadores de Concentrados	PPI – Acero Estructural y Acero Misceláneo	Montaje de Estructuras	Proced.: Gestion y Control de Suministros
PPI: Motores Eléctricos	Proced.: Recepcion almacenaje conservacion y manipuleo de electrodos de soldadura	Proced.: Reparación de estructuras de concreto	PPI – Acero Estructural y Acero Misceláneo	PPI: Instalación de Escalerillas y Tubería Conduit	Proced.: Reparación de estructuras de concreto	PPI: Instalación de Equipos y tableros Eléctricos de Baja Tensión
Preservación de Estructuras	Proced.: Reparación de estructuras de concreto		PPI: Colocación de concreto	PPI: Montaje de Molino de Bolas	PPI: Movimiento de Tierras - Rellenos	Transferencia de TUP's y Proceso de Entrega de Caja de Documentos Físicos
	PPI: Movimiento de Tierras - Rellenos			PPI: Muro de contención de tierra mecánicamente estabilizada - Muro TEM		
DOMINGO 26	LUNES 27	MARTES 28	MÉRCOLES 29	JUEVES 30		
Preservación de Tubería	Proced.: Recepcion almacenaje conservacion y manipuleo de electrodos de soldadura	PPI: Cables de Instrumentación, comunicaciones y Fibra óptica	PPI: Bancoductos	PPI: Montaje de Puente Grúa E&I		
Elaboración de Protocolos	PPI: Contrastación de instrumentos	Torque de Pernos	Proced.: Reparación de estructuras de concreto	Proced.: Conexión de cables de BT, MT, Control e instrumentación		
	Procedimiento de ajuste de pernos SPC4	Pie de Montaje de Molinos Verticales	Proced.: Reparación de estructuras de concreto	Proced.: Recepcion almacenaje conservacion y manipuleo de electrodos de soldadura		
	PPI: Colocación de concreto	Preservación de Equipos		PPI: Montaje de Estatores		
		Proced.: Reparación de estructuras de concreto				

Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

- Se establecieron reuniones de revisión de estados de avance de construcción vs las inspecciones realizadas de cierre de trabajos, estas reuniones se incrementaron de 2 a 3 veces por semana de marzo del 2022 hasta Julio del 2022, periodo que se dio con mayor fuerza los trabajos constructivos del molino SAG. En las reuniones se revisaron los avances en el listado de protocolos (inspecciones internas, inspecciones con el Cliente) y las tendencias de cierre del indicador del proceso. Se realizaba una revisión cruzada de trabajo constructivo realizado vs su estado de inspección y cierre de conformidad. Esto permitió una mejor coordinación de trabajos construcción y calidad para los cierres requeridos de las actividades. En la figura 53 podemos apreciar un listado de control de inspecciones de protocolos de la disciplina mecánica para el molino SAG 1, se muestra el cuadro de estatus y la lista de actividades consideradas, las figuras anteriormente presentadas 45 y 46 muestran las gráficas de control del proceso. En el Anexo E se presenta el listado de inspecciones para el molino SAG.

Figura 53

Listado de protocolos - Inspecciones disciplina Mecanica

ÁREA DE CALIDAD							Registro	RE-15081-SGC-004
LISTADO DE CONTROL DE PROTOCOLOS - DISCIPLINA MECÁNICA							Revisión	0
PROYECTO: PROYECTO QUELLAVECO EQUIPO: MOLINO SAG 1							Fecha:	6/8/2019
							Programados	323
							Cerrados	321
							Observados	0
							En Proceso	0
							Por Iniciar	2
							99%	Por Iniciar
							0%	Observado
							0%	Cerrado
							1%	En Proceso
DESCRIPCIÓN	Nº REGISTRO	CÓDIGO DEL REGISTRO	NOMBRE REGISTRO	FECHA	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	ESTATUS	OBSERVACIONES y/o COMENTARIOS	
MOLINO SAG 1	001	---	LISTA DE VERIFICACION DE INSTALACION DE EQUIPO	12/6/2022	VERIFICACION DE INSTALACION DE EQUIPO	POR INICIAR	-	
MOLINO SAG 1	001	---	REGISTRO DE INSPECCION DE REVESTIMIENTOS	16/8/2022	INSPECCIÓN REVESTIMIENTO INTERNO DEL SHELL, TAPAS Y TRUNNION CARGA Y DESCARGA	POR INICIAR	-	
MOLINO SAG 1	001	PC.5600-F4	LIMPEZA DE SUPERFICIE MECANIZADA	21/2/2022	LIMPEZA MECANICA DEL FLANGE DE LA TAPA PARTE INFERIOR LADO DESCARGA MOLINO SAG 1	CERRADO	-	
MOLINO SAG 1	002	PC.5600-F4	LIMPEZA DE SUPERFICIE MECANIZADA	23/2/2022	LIMPEZA MECANIZADA DEL FLANGE DEL SHELL LADO DESCARGA PARTE INFERIOR, CORRESPONDIENTE AL MOLINO SAG 1	CERRADO	-	
MOLINO SAG 1	003	PC.5600-F4	LIMPEZA DE SUPERFICIE MECANIZADA	1/3/2022	LIMPEZA MECANIZADA DEL FLANGE DE LA TAPA SUPERIOR LADO DESCARGA, CORRESPONDE AL MOLINO SAG 1	CERRADO	-	

Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

- Se realizó una gestión a lo largo del proyecto del tratamiento de cierre a las desviaciones generadas en el área de molienda como en el resto de las áreas del proyecto, se difundía en las reuniones de proyecto semanales las

desviaciones que se tenían pendientes de cierre, se realizaban reuniones con el área de construcción para ver el seguimiento de cierre y se reportaba un panel mensual para seguimiento de los cierres. Se definió un indicador de no conformidades:

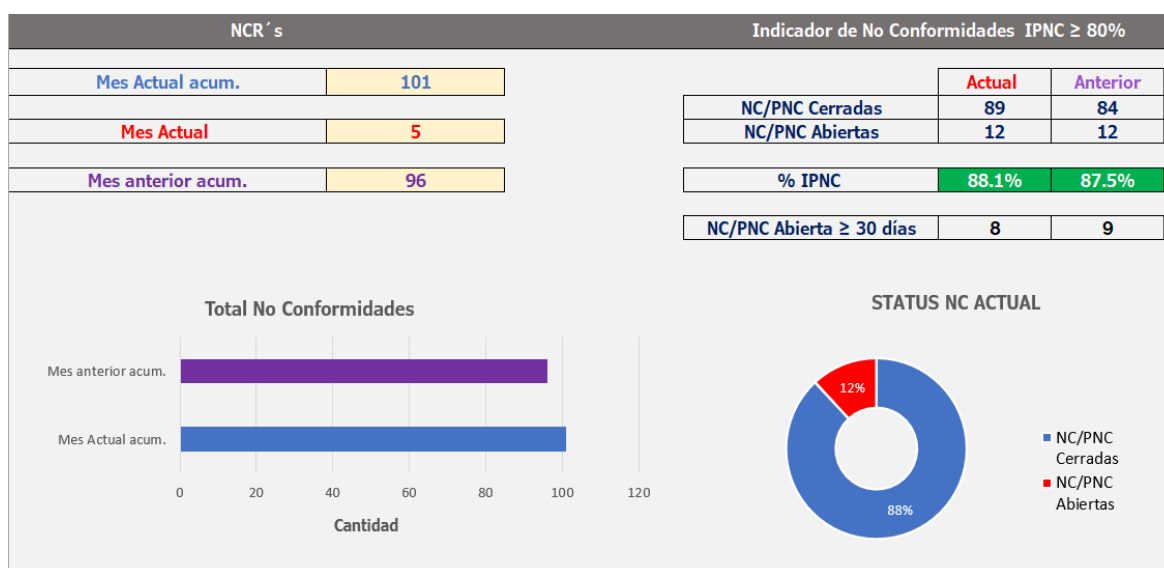
$$\text{INC} = \text{no conformidades constructivas cerradas} / \text{Total no conformidades constructivas}$$

Meta del indicador = “Cero” desviaciones abiertas al término del proyecto

La figura 54 muestra el panel de indicador mensual reportado para el caso de las no conformidades constructivas (general proyecto) del mes de Junio 2022. La gestión realizada permitió el cierre de las desviaciones generadas para el molino SAG con la conformidad de cierre del Cliente.

Figura 54

Panel de Indicador mensual de No Conformidades



Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.

- Se establece mejora al proceso de inspecciones diarias, emitiéndose diariamente en el horario del término de la jornada la programación de las inspecciones del día siguiente. Este proceso permitió coordinar oportunamente si se requería postergar la inspección; ya sea, por motivo de término de las actividades o por eventos climatológicos que no permitía la actividad de inspección. En la figura 55 se muestra un ejemplo de programa de inspección

del molino SAG y en el anexo F el modelo de formato de programa de inspección diaria.

Figura 55

Modelo programa diario de inspecciones Molino SAG

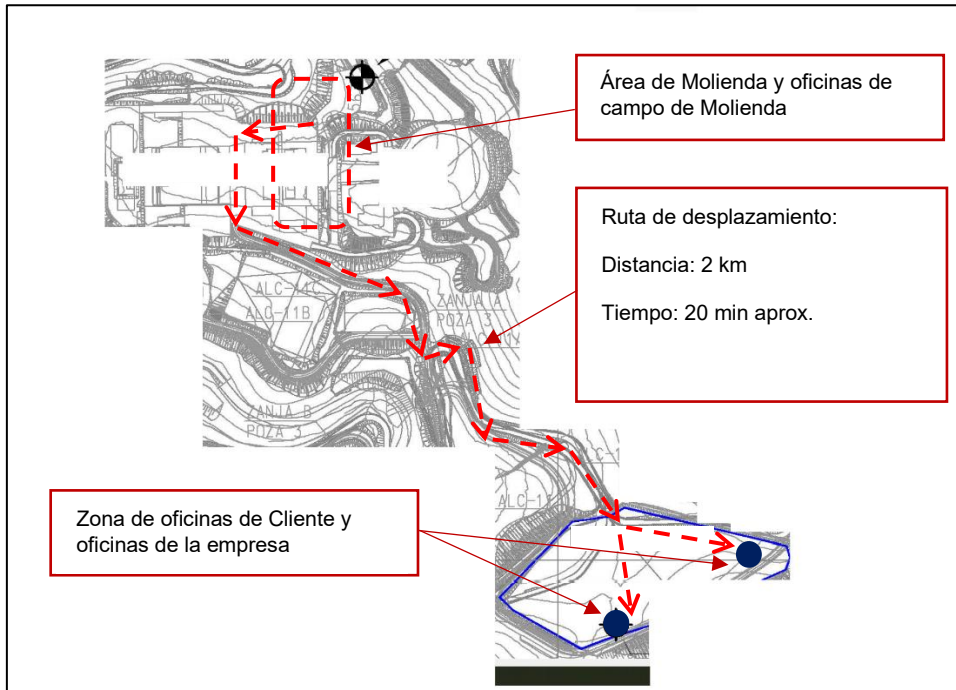
PROYECTO CONCENTRADORA QUELLAVECO PROGRAMA DIARIO DE INSPECCIONES											
Programa de inspecciones para fecha: 05/03/2021											
No	Horario de Inspección		Código PPI	Numeral PPI	Identificación de elemento	Descripción de la inspección a realizar	Alcance Inspección		Ubicación	Avance	Comentarios
	Desde	Hasta					Contratista	Cliente			
DISCIPLINA MECANICA											
1	08:00	10:00	PPI - MOLINO SAG	4.6	Molino SAG 1	Inspección de limpieza de segmento inferior de tapa de molino lado descarga (superficie de contacto de unión entre segmentos de tapa).	H	W	Patio de maniobras - Oeste de Molienda	0%	
2	14:00	16:00	PPI - ESTATOR MOLINO SAG	5.1	Molino SAG 2 - Estator	Inspección de limpieza de segmento superior de estator lado norte (superficie de contacto entre segmentos).	H	W	Patio de maniobras - Oeste de Molienda	0%	

Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.

- Se realizó una revisión para la mejora en los desplazamientos del personal de la Planta de Molienda a la zona de oficinas del Cliente (tiempo aproximado de 20 minutos en movilidad) para trabajos de coordinaciones, revisión y validación de protocolos, de una programación inicial de 01 movilidad de recorrido al inicio de jornada, medió día y término de jornada; se dispuso horarios intermedios en la mañana y tarde (10:00am y 03:00pm) así como un minibús con ruta establecida dentro del proyecto. Esto permitió una mayor rotación en el día del personal y agilizar las coordinaciones a realizar con el Cliente para las inspecciones requeridas en conjunto. La figura 56 muestra un esquema de ruta y tiempos aproximados empleados de desplazamiento de la Planta de Molienda a las oficinas del Cliente y oficinas principales de la empresa.

Figura 56

Esquema ruta y tiempos de desplazamiento de Molienda a Oficinas principales



Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.

- Se estableció una mejora coordinada con el área de soporte digital para el mantenimiento y cambio de los equipos requeridos para procesamiento de la información (escáner, PCs de escritorio o laptops) tanto del personal de inspección como el área de procesamiento de la información para la entrega de la carpeta de construcción. En las figuras 57, 58 y 59 se muestra el área de archivo de la documentación de protocolos de inspecciones y oficinas de trabajo.

Figura 57

Zona de archivo de protocolos de inspecciones



Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.

Figura 58

Infraestructura - Oficinas de trabajo



Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.

Figura 59

Infraestructura - Oficinas de trabajo



Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.

3.3.2. Preservación

Para los trabajos de preservación se emplea la metodología explicada en el numeral 3.3.1, se presenta lo desarrollado en las etapas de planificación, ejecución, verificación y acciones de mejora.

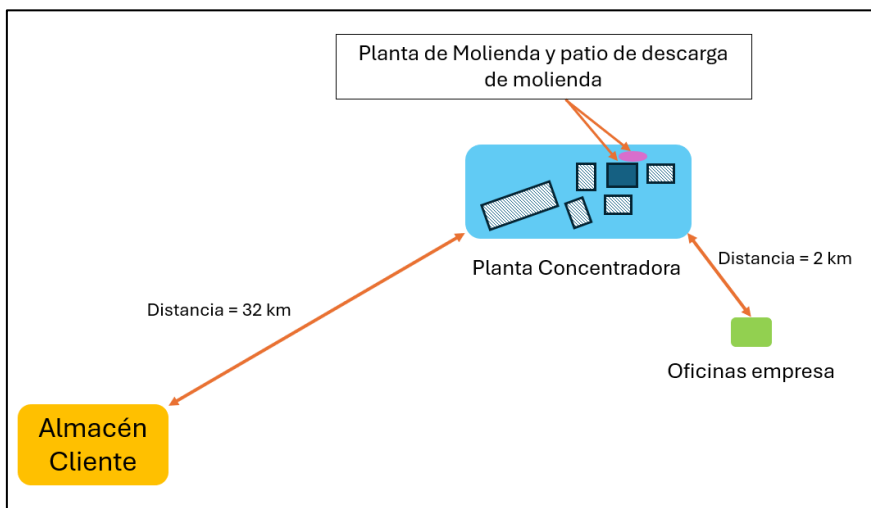
3.3.2.1. Planificación

- Se revisan los documentos técnicos del proyecto para identificar los requisitos a cumplir para la preservación de los molinos SAG.
- Se elabora la lista maestra de documentos que incluye los que aplican al proceso de preservación.

- Se define como se va a controlar el proceso: Para los trabajos de preservación el control se va a realizar a través de inspecciones según lo indicado en el plan de puntos de inspección y ensayos del molino SAG.
- Se evalúa los recursos para realizar las inspecciones y pruebas en los trabajos de preservación (personal, equipos de medición y ensayo, transporte, infraestructura de oficina, equipos de cómputo, software.).
- Se define la distribución del personal teniendo en cuenta la ubicación del almacén del Cliente desde donde se retiran los componentes del molino hacia la Planta de Molienda y la cantidad de componentes a preservar. Asimismo, se considera si hay componentes que irán llegando al proyecto durante la etapa de montaje y que son descargados directamente en la Planta de Molienda; esta información sirve para planificar el personal a cargo de la inspección en la recepción y durante los trabajos de montaje. En el proyecto se consideró 01 equipo de inspección en la zona del almacén del Cliente y el equipo de inspección en molienda para ver la preservación.

Figura 60

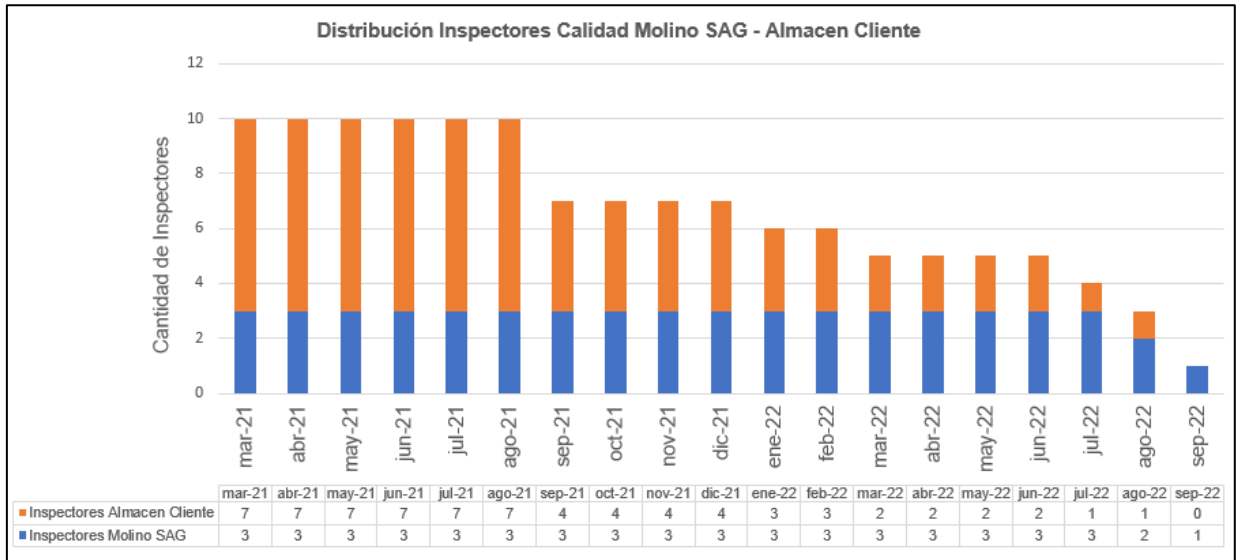
Esquema de ubicación de Almacén del Cliente - Planta de Molienda



Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.

Figura 61

Distribución inspectores Calidad Molino SAG - Almacén Cliente



Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.

- Se elabora el programa de capacitaciones. En el Anexo D se muestra un resumen del programa de capacitaciones de abril 2021 a julio 2022.

3.3.2.2. Ejecución

- Se elaboran los documentos definidos en la etapa de planificación: Procedimientos de preservación para equipos (general), procedimiento de preservación específico para el estator, matriz de preservación, el plan de puntos de inspección y el formato de control. En la figura 62 se muestra la lista maestra de documentos aplicables a la preservación del molino SAG.

Figura 62

Lista de documentos aplicables a preservación de equipos Molino SAG

	REGISTRO	
	ÁREA DE CALIDAD	
	LISTA MAESTRA DE DOCUMENTOS	
NOMBRE DEL PROYECTO: PLANTA CONCENTRADORA QUELLAVECO		Fecha:
		Página : 1 de: 1
		Fecha de Actualización:
		30/11/2022
NOMBRE DEL DOCUMENTO		FECHA
		REVISIÓN
Procedimiento de preservación de Equipos Mecánicos, Eléctricos, Válvula, Instrumentos y Suministros		0
Procedimiento de preservación de estator de molinos		0
Plan de Inspeccion y Ensayos - Montaje de Molino SAG		2
Plan de Inspección y Ensayos - Montaje de Estator de Molinos		2
Matriz de Almacenamiento y Preservación, Plan de Preservación - Disciplina Mecánica		3
Formato Control de preservación de equipos		0

Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.

- Se revisan y validan al interno los documentos elaborados por las áreas de Construcción y Calidad.
- Se hace un seguimiento a la generación y aprobación de los documentos requeridos para los trabajos de preservación (procedimientos, matriz de preservación, plan de puntos de inspección). En la tabla 3-8 se muestra la información de un estatus de seguimiento de documentos emitidos por el área de Calidad del proyecto del mes de julio 2022 (documentos referidos a plan de puntos de inspección, certificados, procedimientos, matrices) y en la figura 63 se muestra un ejemplo de seguimiento de estatus para un documento de preservación.

Tabla 3-8

Estatus de seguimiento a documentos del área de Calidad

Estatus de documentos	Cantidad	%
En proceso por la empresa	280	2.1%
En revisión por el Cliente	72	0.5%
Anulados	273	2.1%
Aprobados	12493	95.2%
TOTAL	13118	100%

Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.

Figura 63

Seguimiento de matriz de preservación en listado de documentos

CÓDIGO DE DOCUMENTO	REV	FECHA EMISIÓN CORREO	TIPO DOCUMENTO	DESCRIPCIÓN	AREA EMISOR	TRM REQUIERE RSPT	DÍAS DE RESPUESTA	FECHA RESPUESTA	TRANSACCIONAL DE RESPUESTA	CONDICIÓN	CODIGO STATUS	ESTATUS
K-CC3-QA-DGC-038	0	14-nov-20	DGC	Matriz de Almacenamiento y Preservación, Plan de Preservación – Disciplina Mecánica	CALIDAD	SI	12	26-nov-20	Q1CO-172-T-1000	SUPERADO	A	APROBADO
K-CC3-QA-DGC-038	1	9-abr-21	DGC	Matriz de Almacenamiento y Preservación, Plan de Preservación – Disciplina Mecánica	CALIDAD	SI	3	12-abr-21	K-CC3-172-T-00039	SUPERADO	B	PROCEDER SEGÚN LO ESPECIFICADO
K-CC3-QA-DGC-038	2	6-may-21	DGC	Matriz de Almacenamiento y Preservación, Plan de Preservación – Disciplina Mecánica	CALIDAD	SI	21	27-may-21	K-CC3-172-T-00101	SUPERADO	A	APROBADO
K-CC3-QA-DGC-038	3	27-sep-21	DGC	Matriz de Almacenamiento y Preservación, Plan de Preservación – Disciplina Mecánica	CALIDAD	SI	12	9-oct-21	K-CC3-172-T-00277	VIGENTE	A	APROBADO

Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.

- Se coordina con las áreas de la empresa (almacén y construcción) los retiros a realizar de los componentes de equipos del molino SAG de almacenes del Cliente.
- Se realiza las inspecciones en la recepción verificando el estado de la preservación de los componentes. En la figura 64 se muestra un extracto del formato de recepción con el elemento inspeccionado.

Figura 64

Extracto de formato de inspección de recepción de la unidad de lubricación del molino SAG 2

LISTA DE VERIFICACION DE INSPECCION DE RECEPCION					
No. de P.O./Contrato:	Proveedor/ Contratista:	Fecha de Recepción:	Número de Proyecto:		
		27/12/2021			
Etiqueta de Retención Anexada	No. Marca:	No. Colada	Requiere Reporte de Ensayo de Material		
☐ SI ☒ No	N/A	N.A.	☐ SI ☒ No Elemento #		
Descripción del Material/Equipo UNIDAD DE LUBRICACION- MOLINO SAG2					
Ítem No.	Características de Inspección *	Cantidad	Aceptado	Rechazado	Etiqueta de Retención No.
1	BEARING LUBRICATION SYSTEM, SAG MILL 2	01	CONFORME		
Observaciones: Se realizó inspección visual de la Unidad de Lubricación, no presenta daños visibles.					
SE ADJUNTA: PANEL FOTOGRAFICO.					




Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.

- Se realizan las inspecciones durante el proyecto para verificar el estado de la preservación de los componentes en custodia de la empresa almacenados en piso o instalados en proceso de montaje.

Figura 65

Personal realizando labores de preservación (limpieza – cubierta) en segmentos de anillo rozante de estator molino SAG



Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.

- Se gestiona las no conformidades generadas mediante reuniones al interno y con el Cliente. Se realiza una comunicación del evento sucedido, acciones para el cierre de la desviación y el seguimiento al cumplimiento de las acciones para el cierre.
- Se ejecuta el plan de capacitaciones elaborado. La figura 52 muestra un ejemplo de capacitaciones en el mes de setiembre 2021 y en el Anexo D el resumen de capacitaciones de abril 2021 a julio 2022.

3.3.2.3. Verificación

La verificación del estado de los trabajos de preservación se realizó a través de inspecciones realizadas por el área de Calidad o con participación conjunta con la línea de mando del área de construcción, esta actividad se realizaba en la zona de almacenes y en los componentes del molino SAG instalados en Planta. Las figuras 62 al 69 muestra imágenes de las condiciones de preservación en los componentes de los molinos SAG.

Figura 66

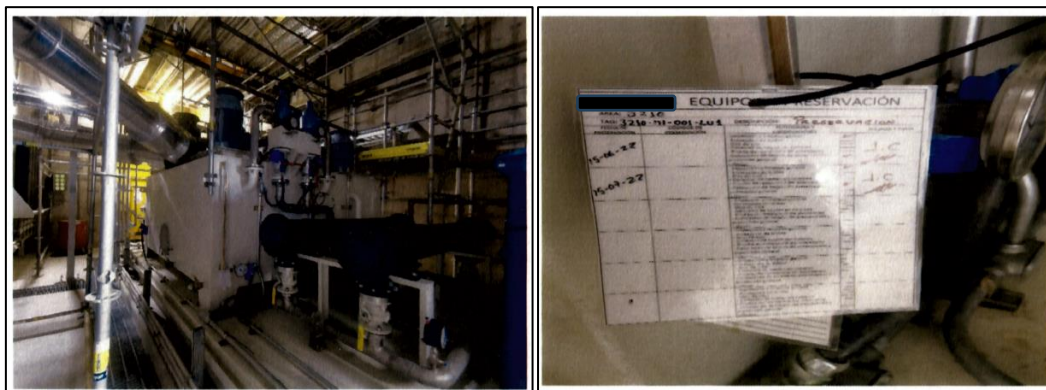
Segmentos de estator de molino SAG en preservación.



Nota: Nótese componentes cubiertos con lonas plásticas impermeables y aislados del suelo según lo indicado para las condiciones climáticas. Elaboración propia de la empresa constructora.

Figura 67

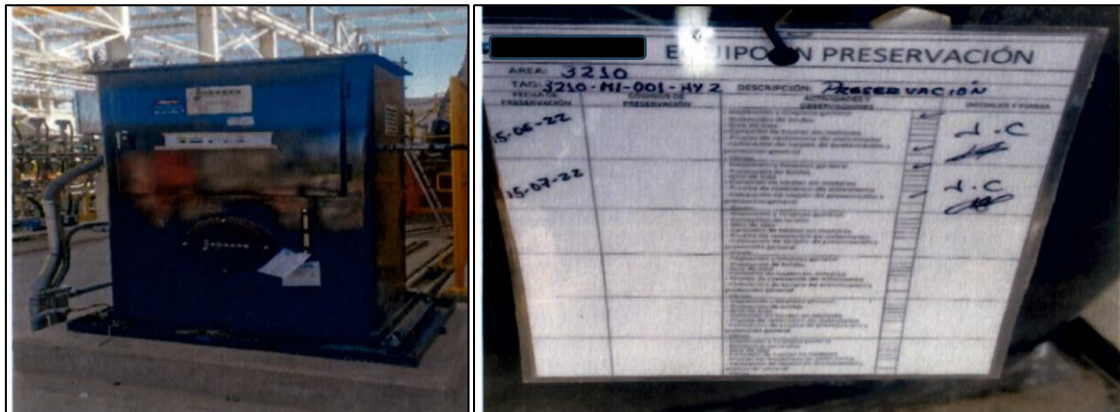
Unidad de lubricación de los descansos del molino SAG en preservación



Nota: Nótese en la foto izquierda la tarjeta implementada donde se registra las inspecciones de preservación realizadas y firmadas. Elaboración propia de la empresa constructora.

Figura 68

Unidad hidráulica del sistema de freno del molino SAG en preservación



Nota: Nótese en la foto izquierda la tarjeta implementada donde se registra las inspecciones de preservación realizadas y firmadas Elaboración propia de la empresa constructora.

Figura 69

Zona de almacén de componentes del estator de molino SAG en Planta de Molienda



Nota: Imagen muestra el techo de cobertura y la protección con lonas plásticas a cada componente Elaboración propia de la empresa constructora.

Los trabajos de preservación de los molinos SAG iniciaron en el mes de febrero del 2020, viéndose afectado el proceso de preservación debido a las restricciones por la pandemia COVID19 (1ra, 2da, 3ra ola), que obligaron al 1er retiro del personal del proyecto en marzo 2020. Al retorno a proyecto se evidencio que era necesario cambiar las protecciones dejadas en los componentes debido a la acción del tiempo, este trabajo fue realizándose paulatinamente en la medida que volvía el personal nuevamente al proyecto; esto se refleja en las desviaciones de preservación detectadas en el molino SAG 2 en el periodo de setiembre 2020 a febrero 2021.

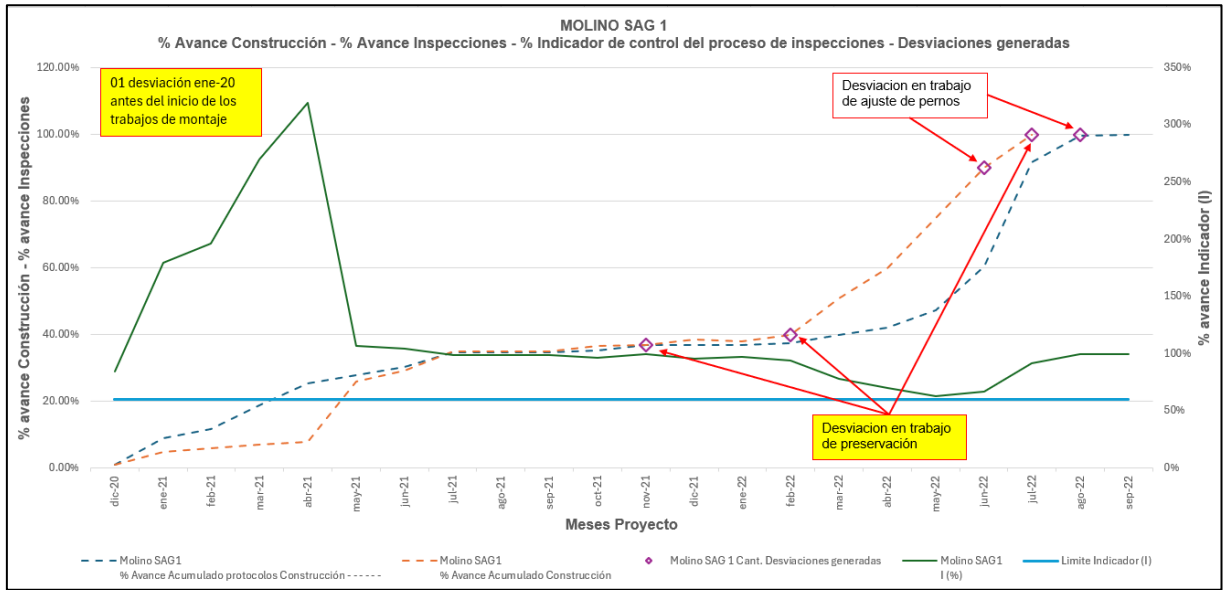
El mantenimiento de las acciones tomadas permite tener un periodo sin desviaciones hasta noviembre del 2021 donde ocurre el cambio de clima que afecta la preservación de los estatores de ambos molinos SAG instalados debido a las condiciones de humedad en los bobinados. Esta observación es levantada colocando calefactores. Posterior a esta desviación el molino SAG 2 ya no vuelve a presentar observaciones de preservación.

En el molino SAG 1 debido a la desviación de preservación en los segmentos de estator (4 segmentos por estator), se presenta posteriormente una observación en un segmento (feb-22), por lo cual se debió esperar el ingreso de personal especialista (mar-22) para realizar pruebas y descartar daños, teniéndose resultados conformes en las pruebas realizadas.

En el mes de Julio de 2022 se presenta una observación la unidad de lubricación y otra en el equipo del sistema de frenos del molino SAG 1, las cuales se registran en la actividad de las caminatas de entrega (punch list) tomándose las acciones correctivas de levantamiento que consistió en la limpieza final de ambos equipos para la entrega. Las figuras siguientes muestran la línea de tiempo de las desviaciones de preservación presentadas en ambos molinos.

Figura 70

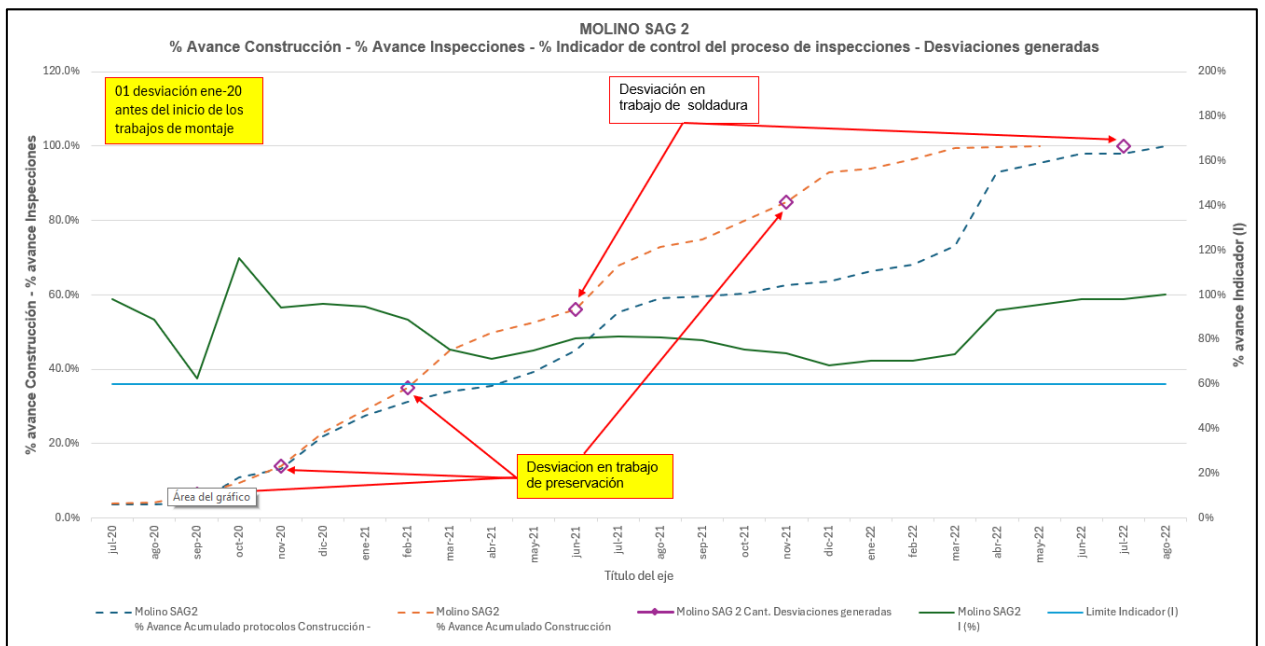
Desviaciones de preservación generadas en Molino SAG 1



Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.

Figura 71

Desviaciones de preservación generadas en Molino SAG 2



Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.

3.3.2.4. Acciones de mejora

Las acciones de mejora se definieron para tratar ambos molinos SAG, detalladas a continuación:

- Se realizan inspecciones en conjunto con la línea de mando de construcción para ver estado de las protecciones en los componentes almacenados o instalados; Estas inspecciones se realizaron en mayor frecuencia en el primer semestre del año 2021 y fue disminuyendo en el segundo semestre y 2022 en la medida que se vio la mejora en las condiciones de preservación, se reforzó en el personal de construcción hacer verificaciones durante la jornada y termino de jornada. Estas inspecciones en conjunto permitieron actuar de forma más rápida y oportuna como prevención de una no conformidad. La figura 72 se muestra un programa de inspecciones de preservación para el mes de mayo del 2021, se marca en líneas punteadas las que corresponden a la disciplina mecánica en el área de molienda.
- Se implemento una tarjeta de preservación para identificar y evidenciar que el equipo había sido revisado y estaba siendo correctamente preservado, esta tarjeta incluía la identificación de la persona encargada de la preservación y la fecha de revisión, como se apreció en las figuras 67 y 68. En la figura 73 se muestra la tarjeta utilizada para preservación de equipos.

Figura 72

Inspecciones de preservación materiales y equipos - Planta Concentradora

PLANTA CONCENTRADORA - INSPECCIONES PRESERVACIÓN DE MATERIALES - EQUIPOS						
PROYECTO: PLANTA CONCENTRADORA					MES: MAYO 2021	
DOMINGO 25 ABRIL	LUNES 26 ABRIL	MARTES 27 ABRIL	MIÉRCOLES 28 ABRIL	JUEVES 29 ABRIL	VIERNES 30 ABRIL	SABADO 01 MAYO
DOMINGO 02	LUNES 03	MARTES 04	MIÉRCOLES 05	JUEVES 06	VIERNES 07	SABADO 08
		DISCIPLINA CIVIL Superintendente: RS HORA: 02:00 pm Lugar: Stockpile/Pebbles Participantes: DM / JN / FM	DISCIPLINA MEC - EST Superintendente: LQ HORA: 02:00 pm Lugar: Flotación Participantes: FE / IH / RA	DISCIPLINA CIVIL Superintendente: WF HORA: 09:00 am Lugar: Flotación / Remolienda Participantes: JN / CD	DISCIPLINA TUBERIAS Superintendente: CC HORA: 09:00 am Lugar: Molinda Participantes: LS / CM / AC	DISCIPLINA CIVIL Superintendente: RA HORA: 02:00 pm Lugar: Espesador de relaves Participantes: JV / JP
		DISCIPLINA MEC - EST Superintendente: JR HORA: 02:00 pm Lugar: Molinda Participantes: JV / FH / CC / LM		DISCIPLINA E&I Superintendente: VM HORA: 09:00 am Lugar: Espesadores Participantes: JR / GT		DISCIPLINA MEC - EST Superintendente: CS HORA: 09:00 am Lugar: Relaves Participantes: AM / RM / RA / JM
DOMINGO 09	LUNES 10	MARTES 11	MIÉRCOLES 12	JUEVES 13	VIERNES 14	SABADO 15
DISCIPLINA MEC - EST Superintendente: JT HORA: 10:00 am Lugar: Stockpile Participantes: JT / JU / JV / FH	DISCIPLINA TUBERIAS Superintendente: CC HORA: 14:00 pm Lugar: T14 Participantes: LS / CM / AC / WC	DISCIPLINA MEC - EST Superintendente: CS HORA: 09:00 am Lugar: Relaves Participantes: AM / RM / RA / JM	DISCIPLINA CIVIL Superintendente: ET HORA: 10:00 am Lugar: Molinda Participantes: WA / FM	DISCIPLINA E&I Superintendente: LR HORA: 09:00 am Lugar: Remolienda Participantes: AS / AQ	DISCIPLINA TUBERIAS Superintendente: CC HORA: 09:00 am Lugar: T14 Participantes: LS / CM / AC / WC	DISCIPLINA CIVIL Superintendente: RR HORA: 10:00 am Lugar: Espesador Concentrado / Filtros Participantes: ED / MQ
		DISCIPLINA MEC - EST Superintendente: JR HORA: 02:00 pm Lugar: Molinda Participantes: JCh / MH / CCh / LM	DISCIPLINA MEC - EST Superintendente: LQ HORA: 02:00 pm Lugar: Flotación Participantes: FE / IH / RA / JR			
DOMINGO 16	LUNES 17	MARTES 18	MIÉRCOLES 19	JUEVES 20	VIERNES 21	SABADO 22
DISCIPLINA E&I Superintendente: LR HORA: 09:00 am Lugar: Molinda Participantes: WLL / SV	DISCIPLINA TUBERIAS Superintendente: CC HORA: 14:00 pm Lugar: T14 Participantes: LS / CM / AC / WC	DISCIPLINA CIVIL Superintendente: RS HORA: 02:00 pm Lugar: Stockpile / Pebbles Participantes: OV / JN / RH	DISCIPLINA MEC - EST Superintendente: LQ HORA: 02:00 pm Lugar: Flotación / Remolienda Participantes: LQ / JR / PP	DISCIPLINA CIVIL Superintendente: WF HORA: 02:00 pm Lugar: Flotación / Remolienda Participantes: JN / MR	DISCIPLINA TUBERIAS Superintendente: CC HORA: 09:00 am Lugar: T14 Participantes: LS / CM / AC / WC	DISCIPLINA CIVIL Superintendente: RA HORA: 10:00 am Lugar: Siet. agua recuperada / Sub. Eléctrica Participantes: CH / JC
DISCIPLINA MEC - EST Superintendente: JT HORA: 10:00 am Lugar: Stockpile Participantes: JT / JU / JCh / MH		DISCIPLINA MEC - EST Superintendente: CS HORA: 09:00 am Lugar: Relaves y Concentrado Participantes: AM / RM / PP		DISCIPLINA E&I Superintendente: LR HORA: 09:00 am Lugar: Flotación Participantes: WLL / PM		
		DISCIPLINA MEC - EST Superintendente: JR HORA: 02:00 pm Lugar: Molinda Participantes: JCh / MH / CCh / LM				
DOMINGO 23	LUNES 24	MARTES 25	MIÉRCOLES 26	JUEVES 27	VIERNES 28	SABADO 29
DISCIPLINA MEC - EST Superintendente: JT HORA: 10:00 am Lugar: Stockpile Participantes: JT / JU / FH / JD	DISCIPLINA TUBERIAS Superintendente: CC HORA: 14:00 pm Lugar: T14 Participantes: LS / CM / CA / WC	DISCIPLINA MEC - EST Superintendente: CS HORA: 09:00 am Lugar: Relaves y Concentrado Participantes: AM / RM / PP	DISCIPLINA CIVIL Superintendente: ET HORA: 02:00 pm Lugar: Molinda Participantes: WA / FM	DISCIPLINA E&I Superintendente: LR HORA: 09:00 am Lugar: Tunel Recuperación / Pebbles Participantes: WLL / FV	DISCIPLINA TUBERIAS Superintendente: CC HORA: 09:00 am Lugar: T14 Participantes: LS / CM / CA / WC	DISCIPLINA CIVIL Superintendente: RR HORA: 10:00 am Lugar: Espesador concentrado / Molibdeno Participantes: CH / JC
		DISCIPLINA MEC - EST Superintendente: JR HORA: 02:00 pm Lugar: Molinda Participantes: CCh / LM / JV / JT	DISCIPLINA MEC - EST Superintendente: LQ HORA: 02:00 pm Lugar: Flotación / Remolienda Participantes: LQ / JR / PP			
DOMINGO 30	LUNES 31					
DISCIPLINA MEC - EST Superintendente: JT HORA: 10:00 am Lugar: Stockpile Participantes: JT / JU / FH / JD	DISCIPLINA TUBERIAS Superintendente: CC HORA: 14:00 pm Lugar: T14 Participantes: LS / CM / CA / WC					

LEYENDA: DISCIPLINA CIVIL DISCIPLINA MECANICA - ESTRUCTURAS (MEC-EST) DISCIPLINA TUBERIAS DISCIPLINA ELECTRICIDAD - INSTRUMENTACIÓN (E&I)

Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.

Figura 73

Tarjeta de equipo en preservación

EQUIPO EN PRESERVACIÓN				
AREA:				
TAG:		DESCRIPCIÓN:		
FECHA DE PRESERVACIÓN	CÓDIGOS DE PRESERVACIÓN	ACTIVIDADES Y OBSERVACIONES	INICIALES Y FIRMA	
		- Inspección y limpieza general - Protección de bridas - Giro de ejes - Conexión de heater en motores - Prueba de resistencia de aislamiento - Colocación de tarjeta de preservación y protección general - Otros:		
		- Inspección y limpieza general - Protección de bridas - Giro de ejes - Conexión de heater en motores - Prueba de resistencia de aislamiento - Colocación de tarjeta de preservación y protección general - Otros:		

Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.

3.3.3. Soldadura

Para los trabajos de soldadura se emplea la metodología explicada en el numeral 3.3.1, se presenta lo desarrollado en las etapas de planificación, ejecución, verificación y acciones de mejora. El proyecto cuenta con un área de soldadura centralizada, por lo cual lo explicado a continuación se refiere a la actividad de soldadura en general.

3.3.3.1. Planificación

- Se revisa los documentos técnicos para ver los detalles de la soldadura a realizar en el proyecto.
- Se coordina con el área de construcción para la calificación de los procedimientos de soldadura requeridos (WPS-PQR) y calificación de soldadores.
- Se define cómo se va a controlar el proceso de soldadura, para el proyecto se llevó un control del índice de rechazo de soldadura por soldador, índice de rechazo de soldadura del proyecto y control de la defectología.
- Se gestiona el ingreso de personal de inspección con las certificaciones requeridas en soldadura (certificados en AWS D1.1, Nivel II SNT-TC-1A). En el proyecto se emplearon 39 inspectores certificados para inspección de soldadura.
- Se evalúa los recursos para las inspecciones (equipos de medición y ensayo, muebles, útiles de oficina, equipos de cómputo, software, transporte, infraestructura de oficinas).
- Se evalúa empresas de ensayos no destructivos que cumplan con los requerido para atender el proyecto (personal, movilidades, equipos). Para el proyecto se subcontrataron 02 empresas de ensayos no destructivos.

3.3.3.2. Ejecución

- Se elaboran los documentos requeridos para los trabajos (procedimientos calificados de soldadura, homologaciones de soldadores). Para el proyecto

se emplearon 117 procedimientos de soldadura (WPS) y se homologaron 305 soldadores.

- Se coordina con el área de construcción la programación diaria de inspecciones requeridas en soldadura.
- Se ejecutan las inspecciones en soldadura de acuerdo con la programación.
- Se coordina con el proveedor de ensayos no destructivos los ensayos a realizar (según aplique) en las juntas soldadas conformes por inspección visual. La figura 74 muestra las instalaciones en el proyecto para trabajos de gabinete y revelado de placas radiográficas.

Figura 74

Instalaciones para la actividad de ensayos no destructivos



Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.

- Se gestionan las no conformidades generadas mediante reuniones al interno y con el Cliente. Al interno se establece una reunión inicial de comunicación del evento sucedido, acciones de cierre, seguimiento al cumplimiento de las acciones para cierre.
- Se ejecuta el programa de capacitaciones. En el Anexo D se presenta el resumen del programa de capacitación realizado de abril 2021 a julio 2022.
- Se trabaja el archivo, procesamiento de los protocolos de inspección en las carpetas de documentos que serán entregadas al término de la construcción.

3.3.3.3. Verificación

La verificación del proceso en los trabajos de soldadura se realizó a través de los controles definidos en el numeral 3.3.3.1.

La figura 75 muestra un ejemplo del control realizado a julio del 2022 en el control de la defectología, debido a la cantidad de información se muestra un extracto del cuadro de control.

Figura 75

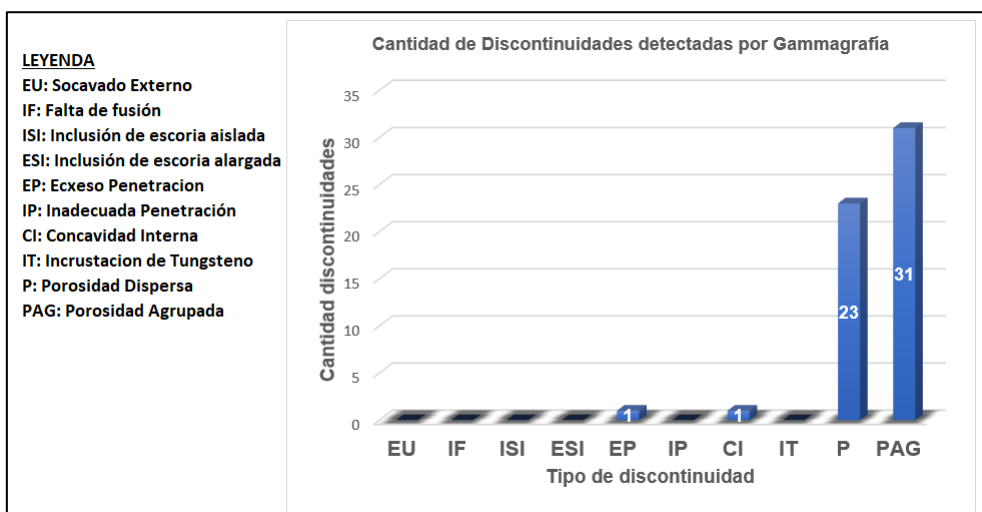
Cuadro de control de discontinuidades en soldadura detectado por gammagrafía

Tipo de discontinuidad	Estampa de soldador											TOTAL
	W-003	W-004	W-005	W-007	W-010	W-012	W-040	W-049	W-102	W-108	W-110	
EU												0
IF												0
ISI												0
ESI												0
EP							1					1
IP												0
CI											1	1
IT												0
P	1	3	4	2	2	3	2	1			5	23
PAG	1	6	4	1	4	5	2	2	1	1	4	31

Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.

Figura 76

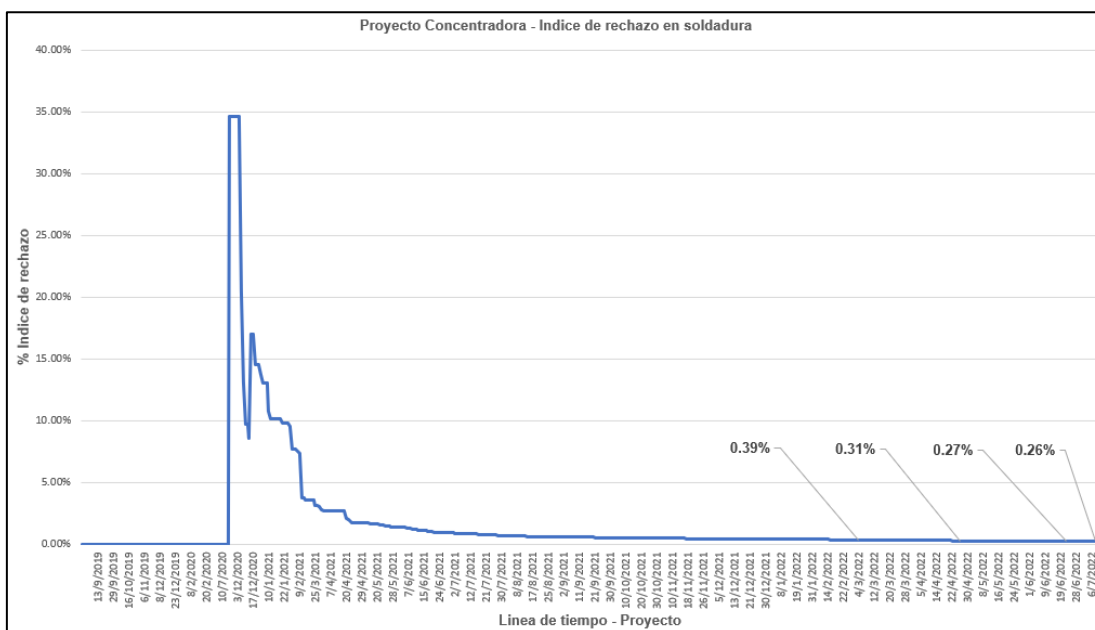
Cuadro de control de discontinuidades en soldadura detectado por gammagrafía



Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.

La figura 77 muestra un estatus del indicador de índice de rechazo de soldadura en el proyecto al mes de Julio 2022. El límite máximo permitido era del 3% para el índice de rechazo.

Control del Índice de rechazo en soldadura en proyecto



Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.

El control en los trabajos de soldadura mitiga las desviaciones en los trabajos de soldadura del molino SAG, presentándose 01 desviación en el molino SAG 2 y ninguna desviación en el molino SAG 1.

3.3.3.4. Acciones de mejora

Las acciones de mejora en los trabajos de soldadura, por el tipo de discontinuidad que se presento (porosidades), estuvo orientado a lo siguiente:

- Se reforzo en el personal el uso de los hornos de soldadura en almacenes a pie de Planta.
- Se reforzo en el personal el uso correcto de los hornos portatiles en los puntos de soldadura.
- Se reforzo en el personal el manejo correcto en el almacenamiento y preservación de los electrodos de soldadura (se elaboró un procedimiento de trabajo especifico para esta actividad).

3.3.4. Grout

Dado que el análisis nos muestra que las fisuras en grout son potencialmente críticas se presentan las siguientes acciones para prevenir la ocurrencia de desviaciones:

- Debe seguirse lo indicado en la ingeniería del proyecto para uso del grout a fin de que este cumpla los requisitos de diseño.
- Deben revisarse las condiciones del producto en el momento de la recepción, estado de los envases del producto (en buenas condiciones, bolsas en estado seco). Revisar los certificados de calidad del producto, verificando fechas de vigencia y trazabilidad de datos con el producto en físico.
- Debe revisarse el área donde se va a almacenar el grout, sobre pallets, recintos cerrados acondicionado a lo que indique la ficha técnica para las condiciones de almacenamiento.
- Debe elaborarse el procedimiento de colocación de grout y el plan de puntos de inspección, temas importantes son la geometría de la cavidad donde se va a colocar el grout, secuencia de vertido del grout, alturas de capas del grout, condiciones de superficie previo a la colocación, acondicionamiento del medio ambiente y del grout.
- Debe programarse el personal de inspección que va a estar asignado a la actividad del grout, verificando con el personal de construcción previo a la colocación del grout, las condiciones del producto a utilizar, fechas de vigencia, equipos de medición a utilizar con certificado de calibración vigentes, estado de los equipos para la elaboración del grout.
- Debe capacitarse al personal de construcción acerca del procedimiento y el plan de puntos de inspección para la actividad a ejecutar.
- Debe seleccionarse a personal con experiencia en la colocación de grout.
- Debe revisarse el acondicionamiento del sitio de trabajo donde se va a ejecutar la colocación del grout, disposición del producto, todos los materiales y equipos

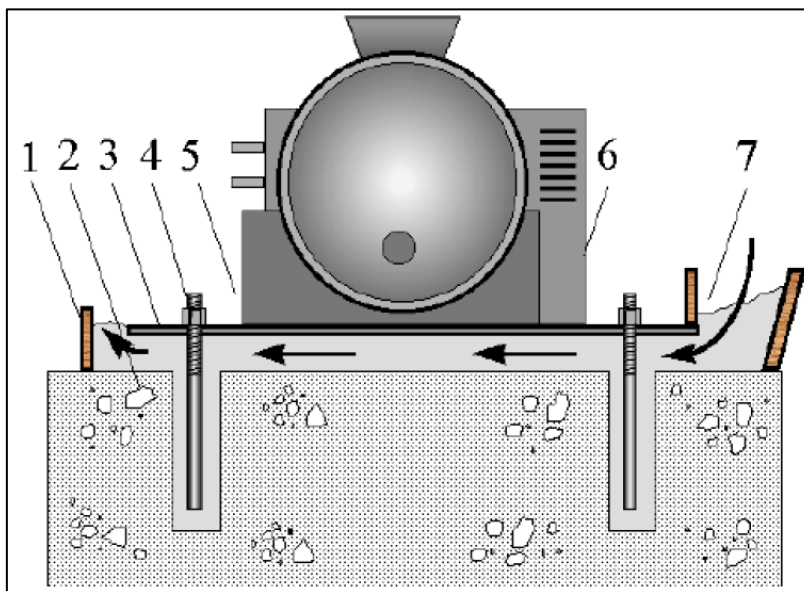
requeridos, los instrumentos de medición a utilizar, formatos para registro de la actividad.

- Debe asegurarse que durante la ejecución se esté cumpliendo con el procedimiento y el plan de puntos de inspección aplicable a la actividad.
- Debe tomarse las muestras (probetas) representativas del grout colocado, almacenándolas correctamente en el sitio de trabajo y luego siendo llevadas al laboratorio para su cuidado hasta el momento de los ensayos de resistencia. Verificar la correcta trazabilidad de identificación de la muestra con el grout colocado.
- Debe monitorearse que una vez culminados los trabajos se mantengan las condiciones requeridas de medio ambiente en el grout colocado según lo indicado en el procedimiento.

A continuación, se presentan imágenes referenciales para trabajos de colocación de grout

Figura 78

Esquema referencial de aplicación de grout en maquinaria



Nota: en la imagen se puede apreciar, 1: Molde, 2: Concreto, 3: Grout, 4: Perno de anclaje, 5: Placa base, 6: Maquinaria, 7: Secuencia de vaciado. Elaboración propia de la empresa constructora.

Figura 79

Almacenamiento de grout

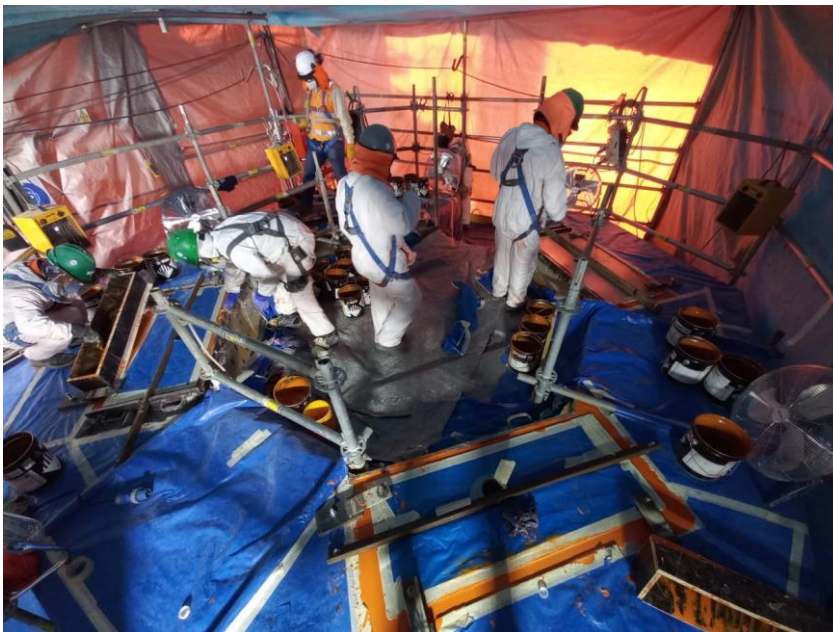


Nota: En la imagen se puede apreciar las condiciones de almacenamiento en recinto cerrado, controlado con microclima según la ficha técnica del producto a utilizar.

Elaboración propia de la empresa constructora.

Figura 80

Trabajos para colocación de grout



Nota: En la imagen se puede apreciar el acondicionamiento del sitio de trabajo donde se va colocar el grout (recinto cerrado con control de microclima de ser requerido).

Elaboración propia de la empresa constructora.

Figura 81

Inspección de condiciones ambientales antes-durante-después de la colocación del grout



Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.

Figura 82

Muestreo de probetas para ensayos de resistencia



Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.

Capítulo IV

Resultados, Contrastación de Hipótesis y Discusión de Resultados

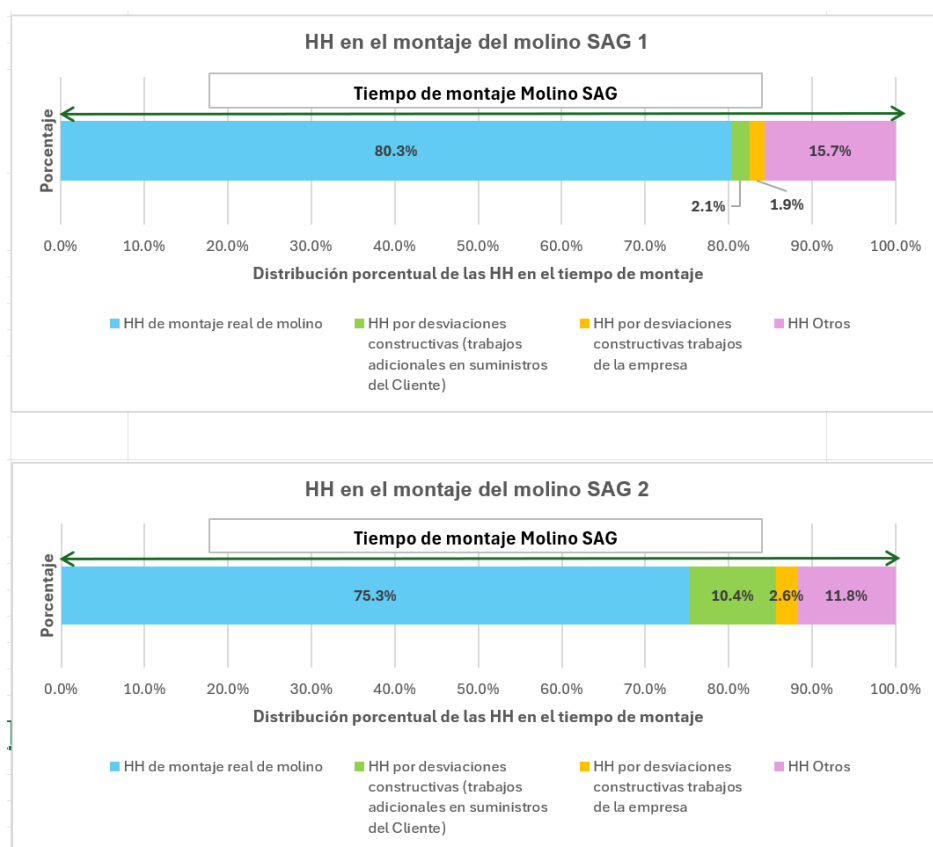
4.1. Resultados

Luego de la implementación de las acciones presentadas en el capítulo 3, se obtiene los siguientes resultados:

4.1.1 La figura 83 muestra el impacto en tiempo al proceso constructivo de las desviaciones (no conformidades); de otro lado, las acciones de mejora permitieron cumplir con el hito programado, como se puede apreciar en las figuras 45 y 48.

Figura 83

Impacto desviaciones en el montaje del molino SAG 1 y 2

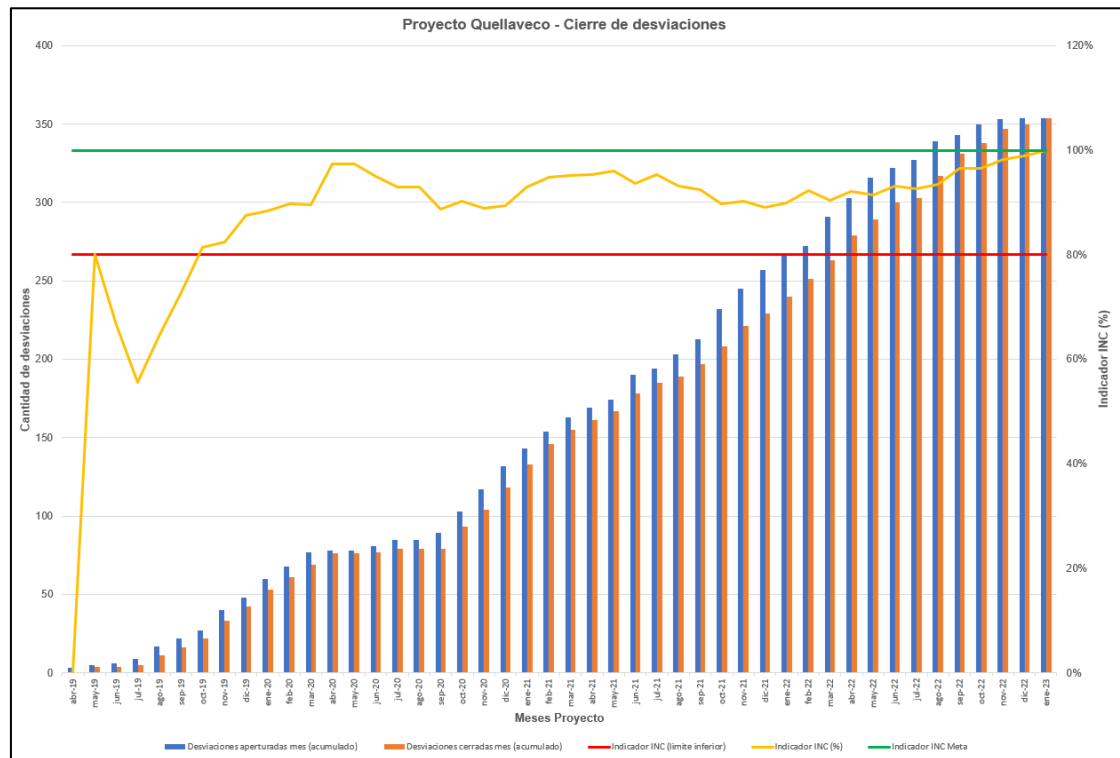


Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.

- 4.1.2 Las acciones tomadas para la gestión de desviaciones en los trabajos de inspección y pruebas durante el montaje de los molinos SAG permitió reducir los tipos de defectología, se tuvo 02 desviaciones en trabajos de ajuste de pernos (molino SAG 1) no presentándose desviaciones de este tipo u otra defectología en el molino SAG 2. Esto permitió reducir tiempos de reparaciones en ambos molinos.
- 4.1.3 Dada las circunstancias que impactaron la preservación de los componentes de los molinos explicados en el numeral 3.3.2 se puede decir que las acciones tomadas permitieron el uso y el montaje de los mismos en las fechas cercanas requeridas y fue preventivo para evitar los mismos eventos en otros componentes que llegaran al sitio.
- 4.1.4 Las acciones tomadas en la gestión de desviaciones en trabajos de soldadura permitieron reducir la generación de desviaciones, se tuvo una desviación en el molino SAG 2, no presentándose desviaciones por soldadura en el molino SAG 1. Esto permitió reducir tiempos de reparaciones en ambos molinos.
- 4.1.5 Como resultado global para los molinos SAG, la gestión de desviaciones realizada permitió que no se tuvieran desviaciones sin resolver al término del proyecto.
- 4.1.6 Como resultado global para los Molinos SAG, el Cliente aceptó el trabajo con muy pocas observaciones finales; las cuales fueron levantadas a conformidad (ver tabla 3-3, columna Doc. en líneas PL).
- 4.1.7 La gestión en el tratamiento de cierre de las desviaciones presentadas permitió mantener la meta interna ($\geq 80\%$) y tener el 100% de las desviaciones cerradas para el término del contrato, la figura 84 muestra como evoluciono el cierre de las desviaciones presentadas en el proyecto, cumpliendo con la meta.

Figura 84

Control de cierre de desviaciones - Proyecto Concentradora

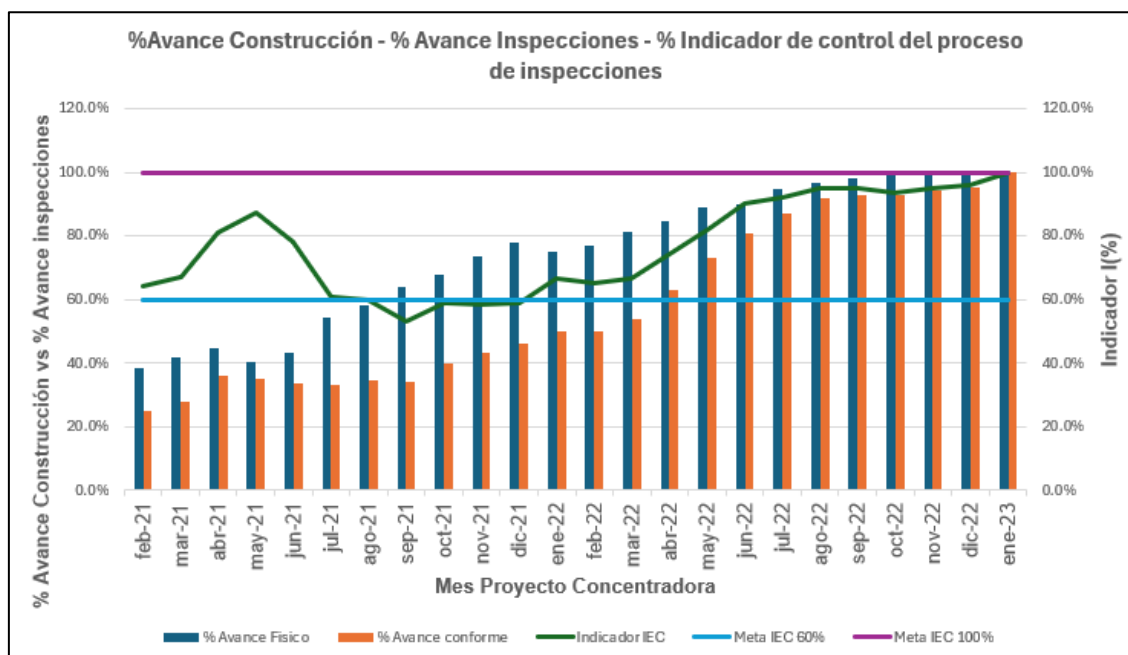


Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.

- 4.1.8 Como resultado de las capacitaciones realizadas para difundir el proceso y el plan de puntos de inspección, se pudo conformar un equipo de trabajo más coordinado y colaborativo, cometiéndose menos errores durante los trabajos.
- 4.1.9 Como resultado de las acciones tomadas para mejorar el proceso de inspección, se tuvo un impacto positivo en el proceso de gestión de documentos, permitiendo reducir los tiempos de revisión, aprobación al interno y con el Cliente. Estas acciones permitieron validar el término de la construcción y la entrega oportuna de los protocolos de las inspecciones al Cliente para no impactar en el inicio de los trabajos de precomisionado en ambos molinos. La figura 85 muestra cómo se presentó el trabajo en la gestión de los protocolos del proyecto, cumpliéndose con la meta de entrega al término del proyecto.

Figura 85

Control del proceso de inspecciones vs avance construcción



Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.

4.1.10 Como resultado del control del proceso de las inspecciones se tuvo mejoras en los tiempos de entrega de la documentación de cierre del término de la construcción (Carpetas de Construcción), como se aprecia en la tabla 4-1, primero en la Planta Concentradora y posteriormente en el Proyecto Planta CPF (Flotación de partículas gruesas) de Quellaveco.

Tabla 4-1

Tiempos de entrega proyectos

Proyecto	Protocolos	Tiempo de entrega (mes)	Año
Planta CPF - Quellaveco	34733	1.0	2024
Estanques ENAP	5582	3.0	2024
Quebrada Blanca (QB2)	45245	1.0	2024
Aeropuerto Jorge Chavez (WP2.2)	45041	1.0	2023
Planta Concentradora - Quellaveco	252010	2.0	2023
Talleres Mantenimiento Toquepala	14287	0.5	2023

Nota. Elaboración propia de la empresa constructora.

Realizando una comparación respecto a los proyectos Toromocho e Inmaculada con las fechas que se tiene registro en la empresa constructora de termino de construcción,

se tiene un resultado positivo en mejorar el tiempo de entrega y validación de termino de los trabajos de construcción a nivel proyecto. Se reduce el tiempo de entrega en un porcentaje de 16.5% (Toromocho) y 71% (Inmaculada).

Tabla 4-2

Tiempo de entrega carpetas de construcción (CRPs)

Ítem	Proyecto	Cant. Protocolos	Cant. de días que duro la entrega carpetas de construcción (CRPs) desde el termino de construcción
1	Quellaveco	252010	71
2	Inmaculada	45945	243
3	Toromocho	35791	85

Nota. Elaboración propia de la empresa.

4.1.11 El trabajo desarrollado fue reconocido también por el Cliente al ser acreedores en el mes de octubre del 2021 con el “*Reconocimiento de Calidad Contratista del mes*”, por la buena ejecución de los trabajos. Por tema de confidencialidad de comunicaciones del proyecto no se incluye en el presente numeral.

Figura 86

Reconocimiento de Calidad otorgado por el Cliente



Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.

4.2. Contratación de hipótesis

Como hipótesis específicas tenemos las siguientes:

Un método de gestión de desviaciones en los trabajos de inspección y pruebas en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG mejora los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras.

Luego del trabajo realizado en el área de Molienda, en los trabajos de montaje de los molinos SAG, donde se aplicó un control en el proceso de inspección y pruebas como metodología para eliminar o mitigar la aparición de desviaciones, con una medición en el tiempo a través de un indicador del proceso. Durante el desarrollo del proyecto en el montaje de los molinos se presenta 02 desviaciones referidas a trabajos de ajuste de pernos en los trabajos del molino SAG 1, no presentando recurrencia en los trabajos del molino SAG 2. Comparando la defectología de montaje de molinos SAG durante el desarrollo del proyecto se observa que se ha disminuido la generación de desviaciones en el proceso del montaje. Como resultado se obtiene un impacto positivo en los trabajos de montaje del molino SAG. Respecto a los dos proyectos anteriores (Toromocho-Inmaculada) se observa una mejora en disminuir el impacto de las desviaciones en los tiempos de montaje del molino SAG.

Decisión, dado que el control del proceso de inspecciones y pruebas en los trabajos de ajuste de pernos efectivamente mejora la eliminación o mitigación de ocurrencia de desviaciones en el montaje del molino SAG en una Planta Concentradora en una unidad minera impactando positivamente en los tiempos del montaje; se confirma la hipótesis de investigación y se rechaza la hipótesis nula.

Un método de gestión de desviaciones en los trabajos de soldadura en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG mejora los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras.

Luego del trabajo realizado en el área de Molienda, en los trabajos de soldadura de los molinos SAG, donde se aplicó un control en el proceso de inspección y pruebas como metodología para eliminar o mitigar la aparición de desviaciones, con una medición en el

tiempo a través de un indicador del proceso. Durante el desarrollo del proyecto en el montaje de los molinos SAG se presenta 01 desviación referida a trabajos de soldadura en los trabajos del molino SAG 2, no presentando recurrencia en los trabajos del molino SAG 1. Comparando la defectología de montaje de molinos SAG durante el desarrollo del proyecto se observa que se ha disminuido la generación de desviaciones en el proceso del montaje. Como resultado se obtiene un impacto positivo en los trabajos de montaje del molino SAG. Respecto a los dos proyectos anteriores (Toromocho-Inmaculada) se observa una mejora en disminuir el impacto de las desviaciones en los tiempos de montaje del molino SAG.

Decisión, dado que el control del proceso de inspecciones y pruebas en los trabajos de soldadura efectivamente mejora la eliminación o mitigación de ocurrencia de desviaciones en el montaje del molino SAG en una Planta Concentradora en una unidad minera; se confirma la hipótesis de investigación y se rechaza la hipótesis nula.

Un método de gestión de desviaciones en los trabajos de control de propiedades del medio ambiente como parte de la preservación de materiales en el proceso constructivo del molino SAG mejora los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras.

Un método de gestión de desviaciones en los trabajos de protección de materiales y componentes de máquinas en el proceso constructivo del molino SAG mejora los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras.

Ambas hipótesis se refieren a los cuidados que hay que tener en la preservación de los materiales, componentes de los molinos SAG.

Luego del trabajo realizado en el área de Molienda, en los trabajos de preservación de los molinos SAG, donde se aplicó un control en el proceso de inspección como metodología para eliminar o mitigar la aparición de desviaciones, con una medición en el tiempo a través de un indicador del proceso. Durante el desarrollo del proyecto en el montaje de los molinos SAG 1 y SAG 2 se presentaron desviaciones de preservación en ambos molinos, las desviaciones presentadas generaron tiempos de tratamiento para el cierre de las desviaciones, estas fueron tratados en tiempo que permitió no impactar las

entregas de ambos molinos SAG; asimismo las desviaciones no se presentaron de manera recurrente. Respecto a los dos proyectos anteriores (Toromocho-Inmaculada) se observa una mejora en disminuir el impacto de las desviaciones en los tiempos de montaje del molino SAG.

Decisión, dado que el control del proceso de inspecciones y pruebas en los trabajos de preservación efectivamente mejora la eliminación o mitigación de ocurrencia de desviaciones en el montaje del molino SAG en una Planta Concentradora en una unidad minera; se confirma la hipótesis de investigación y se rechaza la hipótesis nula.

Como hipótesis general tenemos la siguiente:

Un método de gestión de desviaciones en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG mejora los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras.

Por lo expuesto anteriormente se concluye que gestionar las desviaciones trabajando en el proceso de inspección de los trabajos constructivos reduce la aparición de desviaciones, impactando positivamente en los tiempos de montaje del molino SAG.

4.3. Discusión de resultados

En los estudios realizados por Deudor Condezo (2021) y Espinoza Arias (2024) analizando la defectología que se presenta en la fabricación de carrocerías y la fabricación de envases producidos en una empresa de plásticos respectivamente, en sus resultados concluyen que aplicando la metodología de gestión del círculo de Deming con el empleo de registros para toma de datos y uso de indicadores, se obtiene una mejora del proceso productivo; comparado con el estudio realizado en Planta Concentradora Quellaveco, los resultados obtenidos muestran una mejora del proceso de construcción en el montaje de molinos SAG, minimizando las desviaciones durante el proceso de construcción, impactando positivamente en la entrega oportuna del proyecto.

En el estudio realizado por Rojas Soto (2021) analiza la baja productividad y excesivo uso de recursos en un proyecto de montaje de molinos, en su estudio realizado evidencia que uno de los puntos que deben trabajarse son los retrabajos; el proyecto en estudio en Planta Concentradora Quellaveco presenta el impacto de los retrabajos y como

aplicando una metodología de gestión del círculo de Deming se puede lograr mejoras en el proceso constructivo minimizando las desviaciones constructivas, impactando positivamente en cumplir con la entrega del proyecto.

En el estudio realizado por Peña Moreno (2020), analiza las fallas mecánicas producidas durante los trabajos de instalación de un molino SAG, lo cual genera atraso en los tiempos de entrega del proyecto al Cliente.; comparando con el estudio realizado en el Proyecto Planta Concentradora Quellaveco, empleando la metodología del círculo de Deming durante el proceso constructivo se minimizaron las desviaciones durante el proceso constructivo y se trataron adecuadamente las desviaciones producidas durante el montaje de los molinos SAG, lo cual permitió una entrega en los plazos que necesitaba el Cliente.

En el estudio realizado por Juana Alvarez (2022), se desarrolla un procedimiento de trabajo para montaje de un molino SAG bajo la metodología VDI2221, donde presenta las consideraciones técnicas a tener en cuenta para un correcto montaje de molino; el estudio realizado en el Proyecto Planta Concentradora Quellaveco aporta mostrando el uso de la metodología de gestión del círculo de Deming para el control del proceso constructivo, gestionando las desviaciones que se presentaron durante los trabajos de montaje y llevando un control durante el proceso productivo a través de las inspecciones, con resultado de un correcto montaje de los molinos SAG y cumplimiento en las fechas de entrega requerida por el Cliente.

CONCLUSIONES

- Se concluye en base a los resultados obtenidos referido al objetivo específico de aplicar un método de gestión de desviaciones en el proceso constructivo en los trabajos de inspecciones y pruebas, que se mejora los tiempos de montaje en el molino SAG, habiéndose reducido los tiempos respecto a proyectos anteriores mencionados en 10.5% (Toromocho) - 58% (Inmaculada) para el Molino SAG 1 y 100% para el molino SAG 2, mostrado en la tabla 0-1.
- Se concluye en base a los resultados obtenidos referido al objetivo específico de aplicar un método de gestión de desviaciones en los trabajos de soldadura, que se mejora los tiempos de montaje en el molino SAG, habiéndose reducido los tiempos respecto a proyectos anteriores antes mencionados en 100% para el Molino SAG 1 y 65% (Toromocho) – 38% (Inmaculada) para el Molino SAG 2, mostrado en la tabla 0-2.
- Se concluye en base a los resultados obtenidos referido al objetivo específico de aplicar un método de gestión de desviaciones en los trabajos de control de propiedades del medio ambiente (preservación), que se mejora los tiempos de montaje en el molino SAG, habiéndose reducido los tiempos en 6.3% para el Molino SAG 1 y 6.3 % para el Molino SAG 2 respecto al proyecto Toromocho, mostrado en la tabla 0-3. Se hace mención que en proyecto Inmaculada existió subregistro de desviaciones referidas a preservación.
- Se concluye en base a los resultados obtenidos referido al objetivo específico de aplicar un método de gestión de desviaciones en los trabajos de protección de materiales y componentes de equipos (preservación), que se mejora los tiempos de montaje en el molino SAG, habiéndose reducido los tiempos en 48.4% para el Molino SAG 1 y 11.5 % para el Molino SAG 2 respecto al proyecto Toromocho, mostrado en la tabla 0-4. Se

hace mención que en proyecto Inmaculada existió subregistro de desviaciones referidas a preservación.

- Como conclusión general, en base a los resultados obtenidos por cada objetivo específico, se concluye que la aplicación de un método de gestión de desviaciones en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG mejora los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras, en la tabla 0-5 se presenta la información consolidada de los tres proyectos.
- La Gestión de Calidad durante la ejecución de un proyecto de construcción asegura el cumplimiento de los requisitos técnicos del contrato, lo cual es importante para el termino satisfactorio de cualquier proyecto de construcción, como es el proyecto de montaje de molinos.
- Los proyectos de construcción tienen un gran porcentaje de mano de obra, por lo cual es de gran importancia tener personal capacitado, con experiencia en este tipo de trabajos de montaje de molinos.
- Pueden presentarse diferentes tipos de desviaciones durante la ejecución de un proyecto de montaje de molinos, es importante la planificación en el proceso de inspecciones como seguimiento a los trabajos constructivos como acción preventiva para evitar la ocurrencia de desviaciones que impacten en los tiempos de montaje.
- El control de las inspecciones realizado en el proceso constructivo del montaje de los molinos SAG, permite identificar donde es requerido establecer acciones de mejora para cumplimiento de metas, como se muestra en las curvas de seguimiento (figuras 45, 46, 48, 49), la línea punteada muestra la proyección de término de la validación de los trabajos constructivos si no se toman acciones de mejora durante los trabajos; para los casos de análisis, las acciones permitieron eliminar un tiempo (proyectado mayor a 5 meses) de desfase de la fecha requerida (proyección de la curva); así como dejar de percibir incentivos económicos por el no cumplimiento de metas de entrega de hasta un máximo aproximado de 6.5 MM USD (contractual), de igual forma penalidades

establecidas en el contrato de 0.10% por día calendario de atraso a fechas para hitos críticos establecidos hasta un máximo de 10% del valor del contrato (monto contractual de 500 MM USD).

- Los trabajos de preservación son parte importante en el proceso de montaje; se debe tener en cuenta las condiciones de parámetros ambientales del medio donde se va a almacenar un equipo o material, protección del clima o luz solar, de acuerdo con lo que indique los manuales del equipo o fichas técnicas de los materiales; no cumplir con estos cuidados, deriva en tiempos de reparación que dependiendo la gravedad del daño impactan en los tiempos de montaje.
- En los trabajos constructivos de montaje no solo es importante el avance físico que se reporta, es preciso que este avance físico este acompañado del avance en las inspecciones del proceso, esto permite una entrega oportuna del proyecto, validando el término de la construcción.

RECOMENDACIONES

- Teniendo en cuenta que en los últimos años las innovaciones digitales han llegado a todos los sectores, se propone como recomendación general para los proyectos de construcción en la empresa, que el proceso de gestión de los protocolos de construcción sea automatizado con un sistema digital, lo cual va a permitir una mayor rapidez en el procesamiento de la información que permita conocer los resultados del proceso de inspecciones en tiempo real y con menores probabilidades de error.
- Se recomienda implementar mejoras en el formato de plan de puntos de inspección, llevando una trazabilidad de las actualizaciones que se realizan en el documento, esto permite tener registro de fechas de vigencia de los cambios realizados. De igual forma se recomienda que los documentos de matriz de protocolos y listado de protocolos tengan una trazabilidad con el ítem del plan de puntos de inspección aplicable.

REFERENCIAS

Deudor Condezo, I. A. (2021), Propuesta de un método de gestión de defectos para mejorar el inicio de operación de una fábrica de carrocería de automóviles [Trabajo de Suficiencia Profesional, Universidad Nacional de Ingeniería]. https://www.catalogo.uni.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=313529&shelfbrowse_itemnumber=556991#holdings

Espinoza Arias, A. M. (2019), Propuesta de mejora continua en el proceso de producción de una Planta de Plásticos mediante la metodología PDCA y manufactura esbelta [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú] <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio//handle/20.500.12404/15595>

Rojas Soto, C. E. (2021), Planeamiento para el ensamble de Molinos en Plantas Concentradoras aplicando la filosofía Lean Construction [Trabajo de Suficiencia Profesional, Universidad Nacional de Ingeniería]. https://www.catalogo.uni.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=313540&query_desc=kwl%2Cwrdl%3A%20rojas%20soto

Peña Moreno, Bruno Martin (2020), Análisis del método constructivo mecánico basado en el PMBOK para facilitar el comisionamiento de un molino tipo SAG en una Planta Concentradora [Trabajo de Suficiencia Profesional, Universidad Nacional de Ingeniería]. https://www.catalogo.uni.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=312810&query_desc=kwl%2Cwrdl%3A%20pe%C3%B1a%20moreno

Juarez Álvarez, J. M. (2022). Aplicación de metodología VDI 2221 para elaborar procedimiento óptimo de montaje de molino SAG de 40'x26' [Tesis de grado, Universidad Católica de Santa María]. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/11612>

Moreno Pino, M., Nápoles Rojas, L. y Batista Moreno, R. (2019). "Gestión de la calidad en una obra constructiva hidráulica aportando a la sostenibilidad" [Revista de Desarrollo Sustentable, Negocios, Emprendimiento y Educación RILCO DS, n. 2 (diciembre 2019)].

<https://www.eumed.net/rev/rilcoDS/02/obra-hidraulica.html>,

<http://hdl.handle.net/20.500.11763/rilcoDS02obra-hidraulica>

Gutierrez Pulido, Humberto (2010), Calidad Total y Productividad. Mc Graw Hill.

<https://ns2.clea.edu.mx/biblioteca/files/original/56cf64337c2fcc05d6a9120694e36d82.pdf>

Diputación Foral de Bizkaia, AMFE: Análisis Modal de Fallos y Efectos. Librería HOR DAGO.

<https://www.studocu.com/es/document/universidad-del-pais-vasco/ingenieria-de-procesos-y-producto/4-amfe-analisis-modal-de-fallos-y-efectos-hor-dago/30816706>

ANEXOS

ANEXO A:	Resultados obtenidos referido al objetivo específico de las conclusiones	131
ANEXO B:	Matriz de consistencia	136
ANEXO C:	Desviaciones registradas al proceso constructivo en trabajos de montaje Molino SAG	138
ANEXO D:	Desviaciones registradas al proceso constructivo en trabajos de montaje Molino SAG	150
ANEXO E:	Capacitaciones programadas entre abril 2021 a julio 2022	153
ANEXO F:	Listado de Inspecciones Molino SAG	154
ANEXO G:	Modelo de formato de programa de inspección diaria	167

ANEXO A: Resultados obtenidos referido al objetivo específico de las conclusiones

- Punto 1

HHR²⁰ Trabajos de inspección y pruebas

Proyecto	Molino	HHR
Proyecto Quellaveco	Molino SAG 40'x24' (SAG 1)	960
	Molino SAG 40'x24' (SAG 2)	0
Proyecto Inmaculada	Molino SAG 18' x 14.5'	2270
Proyecto Toromocho	Molino SAG 40'x26'	1072

- Punto 2

HHR Trabajos de soldadura

Proyecto	Molino	HHR
Proyecto Quellaveco	Molino SAG 40'x24' (SAG 1)	0
	Molino SAG 40'x24' (SAG 2)	90
Proyecto Inmaculada	Molino SAG 18' x 14.5'	145
Proyecto Toromocho	Molino SAG 40'x26'	280

- Punto 3

HHR Control de propiedades del medio ambiente (Preservación)

Proyecto	Molino	HHR
Proyecto Quellaveco	Molino SAG 40'x24' (SAG 1)	2710
	Molino SAG 40'x24' (SAG 2)	2710
Proyecto Inmaculada	Molino SAG 18' x 14.5'	Sin consignar
Proyecto Toromocho	Molino SAG 40'x26'	2891

²⁰ HHR: Horas Hombre invertidas en reparación de defectos.

- Punto 4

HHR Protección de materiales y componentes de equipos (Preservación)

Proyecto	Molino	HHR
Proyecto Quellaveco	Molino SAG 40'x24' (SAG 1)	280
	Molino SAG 40'x24' (SAG 2)	480
Proyecto Inmaculada	Molino SAG 18' x 14.5'	Sin consignar
Proyecto Toromocho	Molino SAG 40'x26'	542

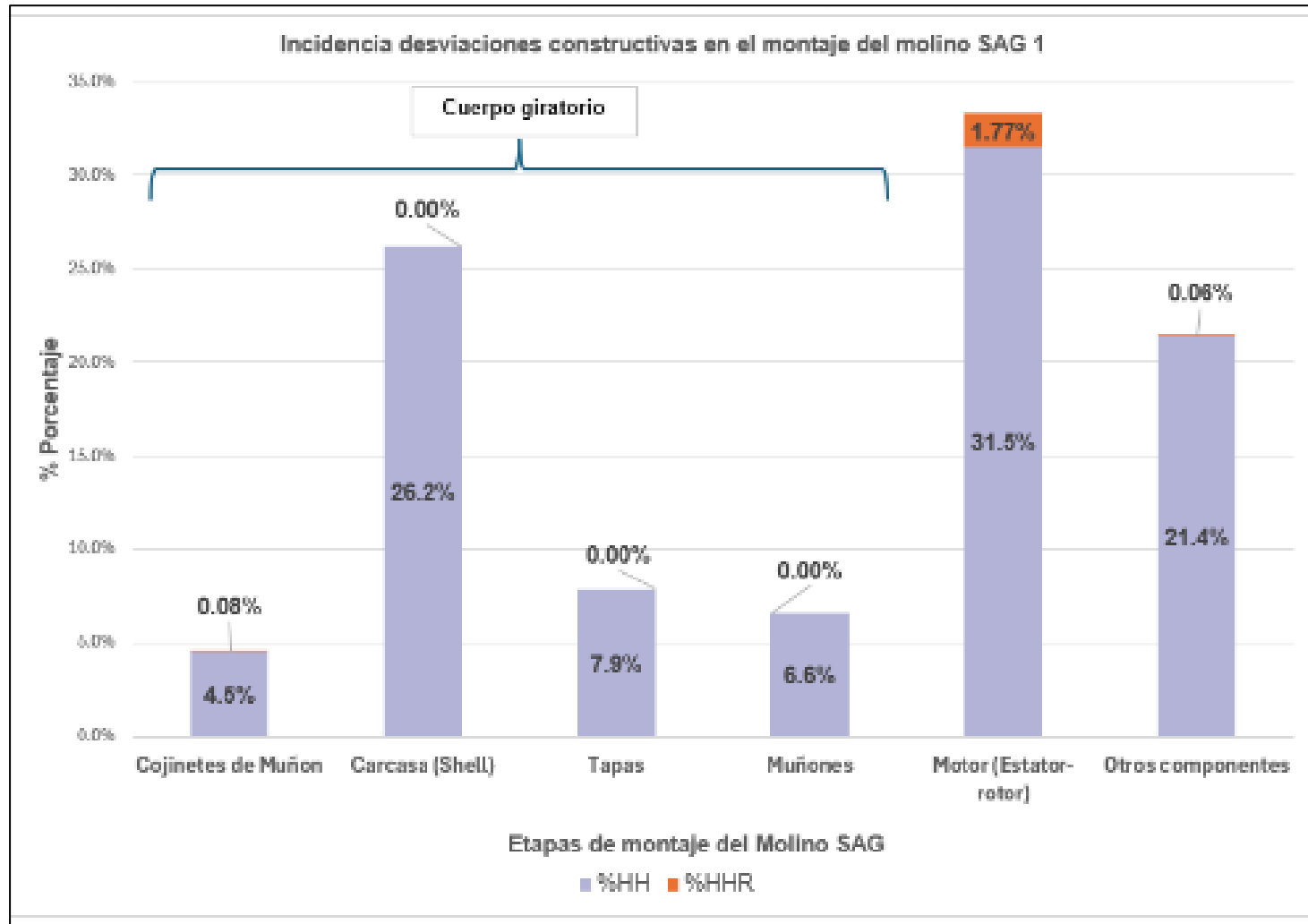
- Punto 5

HHR Desviaciones en el montaje del Molino SAG

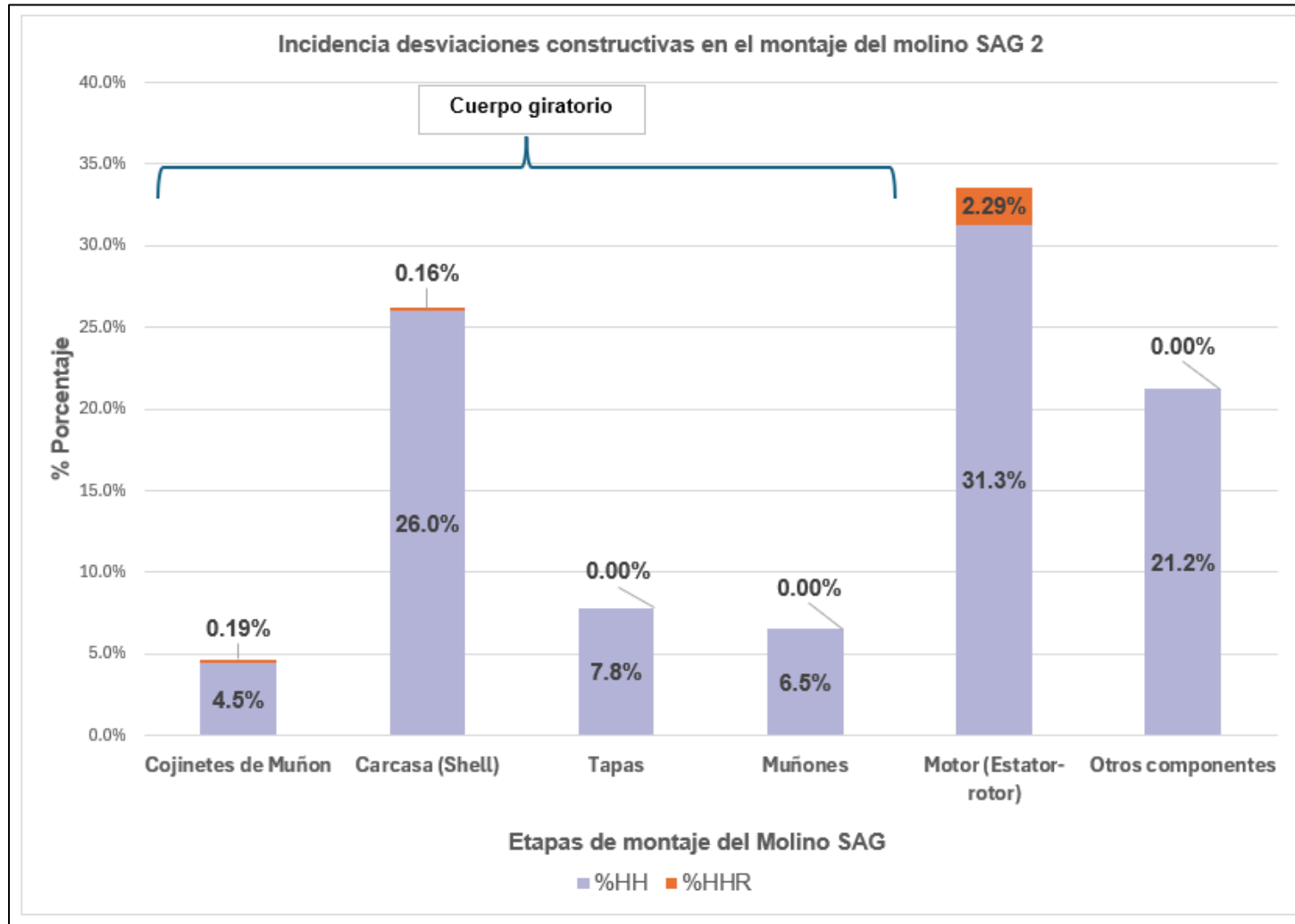
Proyecto	Molino	HHR Inspecciones y pruebas + Soldadura	HHR Control medio ambiente + Protección
Proyecto Quellaveco	Molino SAG 40'x24' (SAG 1)	960 ✓	2990 ✓
	Molino SAG 40'x24' (SAG 2)	90 ✓	3190 ✓
Proyecto Inmaculada	Molino SAG 18' x 14.5'	2415	Sin consignar
Proyecto Toromocho	Molino SAG 40'x26'	1352	3433

Proyecto Quellaveco incidencia de las desviaciones en los trabajos de montaje en los molinos SAG 1 y SAG 2.

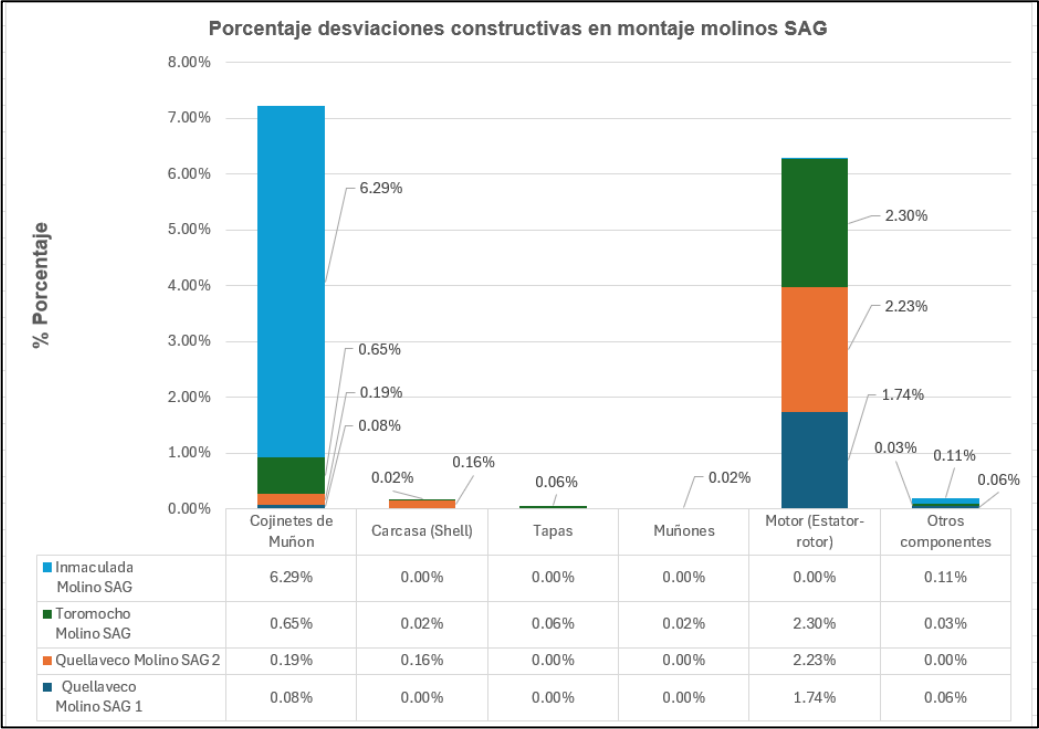
Incidencia desviaciones constructivas en el montaje del molino SAG 1



Incidencia desviaciones constructivas en el montaje del molino SAG 2



Porcentaje desviaciones constructivas en montaje molinos SAG



ANEXO B: Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<u>Problema General</u> ¿De qué manera en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG se mejora los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras?				<u>Tipo de Investigación:</u> Aplicada
<u>Objetivo General</u> Proponer y validar un método de gestión de desviaciones en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG para mejorar los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras.				<u>Enfoque:</u> Cuantitativo
<u>Hipótesis General</u> Un método de gestión de desviaciones en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG mejora los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras.				<u>Nivel de Investigación:</u> Descriptivo y Correlacional
				<u>Diseño:</u> Experimental
<u>Problemas específicos</u>	<u>Objetivos específicos</u>	<u>Hipótesis específicas</u>	<u>Variable Independiente</u>	<u>Fuente de Información y técnica de recolección de datos</u>
¿De qué manera se mejora los trabajos de inspección y pruebas en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG para mejorar los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras?	Proponer y validar un método de gestión de desviaciones en los trabajos de inspección y pruebas en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG para mejorar los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras.	Un método de gestión de desviaciones en los trabajos de inspección y pruebas en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG mejora los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras.	VI: Gestión de desviaciones en el proceso constructivo	<u>Fuente de Información:</u> La fuente de información comprende las desviaciones (08) registradas al proceso constructivo en la etapa de instalación del molino SAG en la Planta Concentradora Quellaveco.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
¿De qué manera se mejora los trabajos de soldadura en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG para mejorar los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras?	Proponer y validar un método de gestión de desviaciones en los trabajos de soldadura en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG para mejorar los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras.	Un método de gestión de desviaciones en los trabajos de soldadura en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG mejora los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras.	VI: Gestión de desviaciones en el proceso constructivo	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos: La técnica es a través de la observación y la recolección de datos es mediante registros físicos de la ocurrencia de desviación al proceso constructivo.
¿De qué manera se mejora los trabajos de control de propiedades del medio ambiente como parte de la preservación de materiales en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG para mejorar los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras?	Proponer y validar un método de gestión de desviaciones en los trabajos de control de propiedades del medio ambiente como parte de la preservación de materiales en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG para mejorar los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras.	Un método de gestión de desviaciones en los trabajos de control de propiedades del medio ambiente como parte de la preservación de materiales en el proceso constructivo del molino SAG mejora los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras.	VI: Gestión de desviaciones en el proceso constructivo	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos: La técnica es a través de la observación y la recolección de datos es mediante registros físicos de la ocurrencia de desviación al proceso constructivo.
¿De qué manera se mejora los trabajos de protección de materiales y componentes de máquinas en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG para mejorar los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras?	Proponer y validar un método de gestión de desviaciones en los trabajos de protección de materiales y componentes de máquinas en el proceso constructivo del ensamble del molino SAG para mejorar los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras.	Un método de gestión de desviaciones en los trabajos de protección de materiales y componentes de máquinas en el proceso constructivo del molino SAG mejora los tiempos del montaje en Plantas Concentradoras.	VI: Gestión de desviaciones en el proceso constructivo	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos: La técnica es a través de la observación y la recolección de datos es mediante registros físicos de la ocurrencia de desviación al proceso constructivo.

ANEXO C: Desviaciones registradas al proceso constructivo en trabajos de montaje Molino SAG

Ítem	Año	Proyecto	Desviaciones registradas al proceso constructivo	Clasificación de desviación	Dimensión de la investigación	Gravedad del fallo (S)	Ocurrencia (O)	Detección (D)	Prioridad de riesgo (NPR=SxOxD)	HHR
1	2020	Quellaveco	En inspección en el área de molienda se observa pernos de anclaje almacenados con oxido y base de pernos de anclaje instalada sin la protección adecuada y con presencia de oxido, incumpléndose lo indicado en el plan de inspección y ensayos. Durante la inspección realizada el 04-05-2022, se detectó que un esparrago de sujeción del tacómetro se encuentra fisurado del anillo rozante MS1 del Molino SAG 1, incumpliendo la especificación técnica.	Preservación subestándar	Trabajo de preservación	3	2	2	12	300
2	2022	Quellaveco	El día 11-JUN-2022 se realizó una inspección interna del estator y rotor del motor del Molino SAG2 para identificar posible anomalía entre los polos 17-18 y 61-62 de rotor debido a información de presencia de ruido eléctrico en medición de sensores entrehierro (airgap) cuando los mencionados polos se encuentran en la	Colocación y ajuste de pernos deficiente	Trabajos de inspección y pruebas	5	2	2	20	90
3	2022	Quellaveco		Desviación al proceso de soldadura	Trabajos de soldadura	4	2	2	16	30

Ítem	Año	Proyecto	Desviaciones registradas al proceso constructivo	Clasificación de desviación	Dimensión de la investigación	Gravedad del fallo (S)	Ocurrencia (O)	Detección (D)	Prioridad de riesgo (NPR=SxOxD)	HHR
4	2022	Quellaveco	zona de medición se observa discontinuidades (posible fisura), en el soldeo entre uniones de segmentos del anillo rozante, indicados en el informe de Vendor. "En inspección realizada el día 02-08-2022, al sistema antipolvo y protección contra lluvias del motor GMD lado carga y descarga del molino SAG 01 de TAG: 3210-MI-001-MO1 se observa lo siguiente: Se encontró un perno de apriete de la grapa de sujeción del cepillo (escobilla) roto, el cual fue cubierto con silicona. "En inspección realizada el día 02-08-2022, al sistema antipolvo y protección contra lluvias del motor GMD lado carga y descarga del molino SAG 01 de TAG: 3210-MI-001-MO1 se observa lo siguiente: Se observó que falta soporte tipo grapa de cepillo."	Colocación y ajuste de pernos deficiente	Trabajos de inspección y pruebas	4	2	3	24	100
5	2022	Quellaveco	"En inspección realizada el día 02-08-2022, al sistema antipolvo y protección contra lluvias del motor GMD lado carga y descarga del molino SAG 01 de TAG: 3210-MI-001-MO1 se observa lo siguiente: Se observó que falta soporte tipo grapa de cepillo."	Colocación y ajuste de pernos deficiente	Trabajos de inspección y pruebas	4	2	3	24	110
6	2022	Quellaveco	"En inspección realizada el día 02-08-2022, al sistema antipolvo y protección contra lluvias del motor GMD lado carga y descarga del molino SAG 01 de	Colocación y ajuste de pernos deficiente	Trabajos de inspección y pruebas	4	2	3	24	110

Ítem	Año	Proyecto	Desviaciones registradas al proceso constructivo	Clasificación de desviación	Dimensión de la investigación	Gravedad del fallo (S)	Ocurrencia (O)	Detección (D)	Prioridad de riesgo (NPR=SxOxD)	HHR
7	2022	Quellaveco	TAG: 3210-MI-001-MO1 se observa lo siguiente: -Grapa de tope de cepillo con una tuerca faltante. En inspección realizada el día 02-08-2022, al sistema antipolvo y protección contra lluvias del motor GMD lado carga y descarga del molino SAG 01 de TAG: 3210-MI-001-MO1 se observa lo siguiente: Tuercas sueltas en tope que sujeta los cepillos antipolvo. En inspección realizada el día 02-08-2022, al sistema antipolvo y protección contra lluvias del motor GMD lado carga y descarga del molino SAG 01 de TAG: 3210-MI-001-MO1 se observa lo siguiente:	Colocación y ajuste de pernos deficiente	Trabajos de inspección y pruebas	4	2	3	24	100
8	2022	Quellaveco	La contratista no muestra protocolos específicos de control de torque de los pernos que fijan las grapas y los topes de los cepillos, no cuenta con un detalle de plano y no tiene un valor de torque en el bolt lost del vendor para estos pernos que son M6 grado 8.8, tampoco ha realizado la consulta acerca de que valor de torque aplicar	Colocación y ajuste de pernos deficiente	Trabajos de inspección y pruebas	4	2	3	24	20

Ítem	Año	Proyecto	Desviaciones registradas al proceso constructivo	Clasificación de desviación	Dimensión de la investigación	Gravedad del fallo (S)	Ocurrencia (O)	Detección (D)	Prioridad de riesgo (NPR=SxOxD)	HHR
			para su ajuste y si debe usar un elemento traba-tuerca que asegure que no se suelten por el movimiento dinámico del motor.							
9	2021	Quellaveco	Falta de preservación en estatores molinos SAG.	Preservación subestándar	Trabajo de preservación	4	3	2	24	5420
10	2022	Quellaveco	Índice de polarización en segmento 1 de molino SAG 1 fuera de tolerancia.	Preservación subestándar	Trabajo de preservación	4	3	2	24	430
11	2020	Quellaveco	En inspección efectuada el día 19/11/2020 se observa deficiente manipuleo en el transporte y falta de preservación de los pernos SPC4 destinados al armado del Shell del molino SAG 2. Incumpliendo lo indicado en el procedimiento.	Preservación subestándar	Trabajo de preservación	3	2	2	12	100
12	2020	Quellaveco	En inspección efectuada el día 19/11/2020 se observa deficiente manipuleo en el transporte y falta de preservación de los pernos SPC4 destinados al armado del Shell del molino SAG 2 . Incumpliendo lo indicado en el procedimiento.	Manipuleo deficiente	Trabajos de inspección y pruebas	3	2	2	12	100

Ítem	Año	Proyecto	Desviaciones registradas al proceso constructivo	Clasificación de desviación	Dimensión de la investigación	Gravedad del fallo (S)	Ocurrencia (O)	Detección (D)	Prioridad de riesgo (NPR=SxOxD)	HHR
13	2021	Quellaveco	Se verifica en campo que no se está reportando el control de parámetro de Preservación del Estator 3210-MI-004-MO1 ubicado en edificio de Molienda, solo se tiene reportado hasta el 30 de enero del 2021, según la matriz de Almacenamiento y Preservación Disciplina Mecánica en punto PM-009.8 indica que las condiciones climáticas: Humedad del aire <85%, Temperatura ambiente=-10°C (14°F) bis 50°C (122°F). En inspección realizada el 05-06-2021, a la instalación de kis anillos rozantes del estator del Molino SAG 2 y estator de Molino Bolas 2, se observa que se ha realizado el soldeo entre uniones	Preservación subestándar	Trabajo de preservación	4	3	2	24	40
14	2021	Quellaveco	Segmentos de Anillos Rozantes de los Estatores, sin contar con plano que especifique soldadura en campo, adicionalmente se incumple lo indicado en el Procedimiento WPS-GYM-2-17_Rev.0.	Desviación al proceso de soldadura	Trabajos de soldadura	4	2	2	16	60
15	2020	Quellaveco	Se observa que se han instalado los Bearing de los Molinos SAG y no se	Preservación subestándar	Trabajo de preservación	2	2	2	8	100

Ítem	Año	Proyecto	Desviaciones registradas al proceso constructivo	Clasificación de desviación	Dimensión de la investigación	Gravedad del fallo (S)	Ocurrencia (O)	Detección (D)	Prioridad de riesgo (NPR=SxOxD)	HHR
16	2022	Quellaveco	han cubierto adecuadamente para su protección. Observación en preservación de unidad hidráulica del sistema de freno.	Preservación subestándar	Trabajo de preservación	3	2	2	12	60
17	2022	Quellaveco	Observación en preservación de unidad de lubricación de descansos.	Preservación subestándar	Trabajo de preservación	3	2	2	12	60
18	2014	Inmaculada	"Los pernos de anclaje del molino SAG no cumple el diseño de soldadura: 1. Los pernos MK1, MK2, MK3, MK4 y MK5 no cumple el diseño de soldadura de acuerdo a los planos indicados. Personal soldador ejecuto trabajos de soldadura en los elementos mencionados sin la debida calificación de un WPS y una homologación certificada.	Desviación al proceso de soldadura	Trabajos de soldadura	4	2	2	16	144
19	2014	Inmaculada	Concreto del muro tipo C del molino SAG no llega a la resistencia requerida a los 28 días (valor final 48% de resistencia).	Magnitud no conforme	Trabajos de inspección y pruebas	4	2	2	16	2161
20	2014	Inmaculada	Molino SAG, de acuerdo a lo indicado por plano METSO, la tolerancia de la ubicación de los pernos de anclaje es de $\pm 2\text{mm}$.	Pernos de anclaje fuera de tolerancia	Trabajos de inspección y pruebas	3	2	2	12	66

Ítem	Año	Proyecto	Desviaciones registradas al proceso constructivo	Clasificación de desviación	Dimensión de la investigación	Gravedad del fallo (S)	Ocurrencia (O)	Detección (D)	Prioridad de riesgo (NPR=SxOxD)	HHR
21	2014	Inmaculada	- En el levantamiento topográfico postvaciado se detecta pernos fuera de tolerancia, los valores se encuentran indicados en los planos. Se observa que las cajas de conexiones de los motores del molino bolas 3110-ML-002A/B y Molino SAG 3110-ML-001 no cuenta con acceso y está rodeado de una baranda rígida para poder realizar los trabajos de conexión y mantenimiento. Durante la inspección de campo se detectó que los agujeros de las bases de los trunnion bearing de los molinos bolas y SAG, no tienen la dimensión suficiente para los pernos descritos en el plano 10167528-DWK que indica un diametro de 56 mm y sin embargo los agujeros son de 54 mm. Durante la limpieza de las placas base de los piñones de los molinos de bolas y sag se observaron fisuras circunferenciales concéntricas a los agujeros roscados para los pernos de las chumaceras de los piñones, esto se	Ubicación incorrecta	Trabajos de inspección y pruebas	2	2	2	8	42
22	2014	Inmaculada		Dimensión no conforme	Trabajos de inspección y pruebas	3	2	1	6	1
23	2014	Inmaculada		Daño en elemento	Trabajos de inspección y pruebas	5	2	1	10	1

Ítem	Año	Proyecto	Desviaciones registradas al proceso constructivo	Clasificación de desviación	Dimensión de la investigación	Gravedad del fallo (S)	Ocurrencia (O)	Detección (D)	Prioridad de riesgo (NPR=SxOxD)	HHR
24	2013	Toromocho	observa en los 24 agujeros de las 3 placas base. Presencia de fisuras en grout cementicio de bearing husing de molino SAG. Se observaron componentes de motores de molinos SAG (Arandelas especiales, pasadores cilíndricos, bulones unión de cueros de estator, pasadores cónicos, tuercas especiales)	Fisuras en grout	Trabajos de inspección y pruebas	3	3	2	18	745.5
25	2012	Toromocho	en container implementado para su conservación con deficiente sistema de preservación encontrándose componentes con presencia de agua condensada sobre la superficie y presencia de óxido. Se observó soleplates, cajas de refrigeración con deficiente	Preservación subestándar	Trabajo de preservación	3	3	2	18	299.5
26	2012	Toromocho	almacenamiento expuesto al ambiente, protección inadecuada y presencia de óxido. Se observó caja aperturada pernos de	Preservación subestandar	Trabajo de preservación	3	3	2	18	150
27	2012	Toromocho	Molinos SAG expuestos a la intemperie y con material producto de excavación sobre la misma.	Preservación subestandar	Trabajo de preservación	3	3	2	18	50

Ítem	Año	Proyecto	Desviaciones registradas al proceso constructivo	Clasificación de desviación	Dimensión de la investigación	Gravedad del fallo (S)	Ocurrencia (O)	Detección (D)	Prioridad de riesgo (NPR=SxOxD)	HHR
28	2012	Toromocho	Se observó sector D de estator de molino SAG en carpa implementada para su conservación con deficiente sistema de preservación, encontrándose dicha carpa con filtraciones de agua.	Preservación subestandar	Trabajo de preservación	3	3	2	18	940
29	2012	Toromocho	Se observó acumulación de agua y presencia de óxido producto de la filtración en las cuatro cámaras del sector del estator por los puntos de la carcasa debido a que la silicona de protección se encontraba deteriorada	Preservación subestandar	Trabajo de preservación	3	3	2	18	936
30	2012	Toromocho	Se observó sectores de estator con oxidación y agua sobre el núcleo magnético y cerca del cableado.	Preservación subestandar	Trabajo de preservación	4	3	2	24	936
31	2013	Toromocho	En el proceso constructivo después de realizar el vaciado de grout, se presentaron fisuras en el soleplate central del estator 210-ML-001-M	Fisuras en grout	Trabajos de inspección y pruebas	3	3	2	18	16
32	2012	Toromocho	Se encontró que el microclima donde se almacenan los estatores estaba abierto pudiendo provocar un enfriamiento del equipo.	Preservación subestandar	Trabajo de preservación	4	3	2	24	38

Ítem	Año	Proyecto	Desviaciones registradas al proceso constructivo	Clasificación de desviación	Dimensión de la investigación	Gravedad del fallo (S)	Ocurrencia (O)	Detección (D)	Prioridad de riesgo (NPR=SxOxD)	HHR
33	2012	Toromocho	Durante traslado y descargue de los pernos verticales del estator se produjeron daños (cortes, picaduras) de la parte engomada.	Manipuleo deficiente	Trabajos de inspección y pruebas	4	2	1	8	15
34	2012	Toromocho	Se observó que las cadenas de maniobras chocaban con el trunnion.	Maniobra inadecuada	Trabajos de inspección y pruebas	1	2	2	4	25
35	2012	Toromocho	Se observó mala limpieza en los flanges de las uniones tapas-Shell y se procedió a la limpieza.	Preparación superficial incorrecta	Trabajos de inspección y pruebas	1	2	2	4	35
36	2012	Toromocho	Se realizó el Montaje de los THRUST PAD antes del Montaje del Trunnion.	Montaje no sigue procedimiento	Trabajos de inspección y pruebas	1	2	2	4	102
37	2012	Toromocho	Se encontró al señor código: 0544, soldando sin WPS, tampoco homologado en el taller soldadura en AK-34: Bases de alineamiento para el sole plate de los molinos.	Desviación al proceso de soldadura	Trabajos de soldadura	4	2	2	16	140
38	2012	Toromocho	Se encontró al señor código: 0544, soldando sin WPS, tampoco homologado en el taller soldadura en AK-34: Base estructural para los motores de molinos.	Desviación al proceso de soldadura	Trabajos de soldadura	4	2	2	16	140
39	2013	Toromocho	Se observa que el cemento usado para el pegado de la goma en interior de	Preservación subestandar	Trabajo de preservación	2	2	2	8	2

Ítem	Año	Proyecto	Desviaciones registradas al proceso constructivo	Clasificación de desviación	Dimensión de la investigación	Gravedad del fallo (S)	Ocurrencia (O)	Detección (D)	Prioridad de riesgo (NPR=SxOxD)	HHR
40	2012	Toromocho	molinos se encuentra almacenado en una junta a la intemperie. Se encuentran en terreno los elementos Shell para su limpieza, los cuales están asentados en tacos de madera, dichos tacos no superan los 50 cm de altura según instructivo para realizar la actividad	Dimensión no conforme	Trabajos de inspección y pruebas	1	2	2	4	22
41	2012	Toromocho	"Presencia de óxido sobre cara maquinada de soleplate central del estator. El óxido se ubica en un extremo del soleplate "	Preservación subestandar	Trabajo de preservación	2	2	2	8	21
42	2013	Toromocho	Se detectaron 3 fisuras en cimentación de Grout en Molino 220-ML-001	Fisuras en grout	Trabajos de inspección y pruebas	3	3	2	18	24
43	2013	Toromocho	Se detectó puntos de oxidación en el segmento de deflector del Molino 210-ML-001, a pesar de tener recubrimiento por resane de pintura	Recubrimiento incorrecto	Trabajos de inspección y pruebas	1	2	2	4	6
44	2012	Toromocho	Se observó a personal mecánico colocando los pernos de las tapas en sentido contrario al sentido de giro del molino.	Colocación y ajuste de pernos deficiente	Trabajos de inspección y pruebas	3	2	2	12	50

Ítem	Año	Proyecto	Desviaciones registradas al proceso constructivo	Clasificación de desviación	Dimensión de la investigación	Gravedad del fallo (S)	Ocurrencia (O)	Detección (D)	Prioridad de riesgo (NPR=SxOxD)	HHR
45	2013	Toromocho	Los pernos del motor al reductor del molino 230-ML-001 no son conforme al plano	Dimensión no conforme	Trabajos de inspección y pruebas	5	2	1	10	45
46	2013	Toromocho	Se observa que el equipo 210-BR-001 y freno del molino SAG, aún no está con microclima y falta de preservación orden y limpieza.	Preservación subestandar	Trabajo de preservación	3	3	2	18	41
47	2013	Toromocho	Se detectó que falta instalar manilla en puerta de inspección del descanso del lado alimentación del Molino SAG.	Elemento faltante	Trabajos de inspección y pruebas	1	2	2	4	5

Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.

ANEXO D: Desviaciones registradas al proceso constructivo en trabajos de montaje Molino SAG

Tipo	Descripción	Comentario
Gestión	Colocación y ajuste de pernos deficiente	Actividades que no se realizan o que se realizan sin haber cumplido los requisitos contractuales solicitados, referidos a colocación de pernos / espárragos.
Gestión / Producto	Desviación al proceso de soldadura	Referido a no cumplimiento de certificación del personal, procedimiento de trabajo, no identificación del trabajo realizado por el personal, ejecución de trabajos sin documentos técnicos requeridos. Soldadura ejecutada con discontinuidades observables, requiere evaluación para ver aceptabilidad.
Gestión	Suministro no conforme	Referido a entrega de materiales o equipos para los trabajos de instalación que no cumplen los requisitos técnicos establecidos.
Gestión	Embalaje inadecuado	Material / equipo no está protegido adecuadamente para su transporte.
Gestión	Identificación incorrecta / faltante	Referido a falta de trazabilidad entre materiales y los documentos que lo respaldan o no presenta identificación. Aplica también a equipos o instrumentos de medición que no tienen su identificación de calibración o se encuentra errada.
Gestión	IME con calibración vencida	Instrumentos de medición sin vigencia de calibración.
Gestión	Medición incorrecta	Referido a una no adecuada metodología para realizar una medición.
Gestión	Ensayo / prueba no ejecutada	Referido a controles no realizados de acuerdo a un plan de inspección.
Gestión	Falta de limpieza	Referido a espacios que requieren estar libres de objetos / sustancias contaminantes para la seguir con la etapa siguientes del proceso.
Gestión	Documento sin trazabilidad	No hay correspondencia entre el documento y el elemento en físico para sustentar un cumplimiento de requisitos. También aplica a falta de trazabilidad entre documentos.

Tipo	Descripción	Comentario
Gestión	Maniobra inadecuada	Referido a trabajos de montaje que comprometen la integridad de las personas o equipos.
Gestión	Manipuleo deficiente	Referido a trabajos de desplazamiento de materiales o equipos sin las condiciones seguras de fijación en el transporte, levante o descarga.
Gestión	Montaje no sigue procedimiento	Referido a incumplimientos en la secuencia de montaje.
Gestión	Sin preservación	Referido a incumplimientos en la conservación o protección de un material o equipo.
Producto	Cangrejera	Referido a cavidades producto de una mal vibrado en la colocación del concreto.
Producto	Dimensión no conforme / Magnitud no conforme	Referido a una medida que no tiene correspondencia con lo indicado en los documentos técnicos aplicables al material.
Producto	Elemento no conforme	Material / equipo utilizado en los trabajos de montaje, sea temporal o definitivo que no cumple las características técnicas requeridas.
Producto	Daño en elemento	Referido a observaciones producidos durante los trabajos o identificados en la etapa de recepción.
Producto	Elemento faltante	Referido a trabajos realizados donde se a obviado la instalación de algún elemento.
Producto	Filtración / fuga	Referido a trabajos de sellado mal realizados.
Producto	Fisuras en grout	Referido a trabajos de colocación de grout con este tipo de defectología.
Producto	Juntas / bruñas no conformes	Referido a trabajos civiles en losas.
Producto	Preparación superficial incorrecta	Referido a incumplimientos para trabajos de recubrimiento de materiales.

Tipo	Descripción	Comentario
Producto	Pernos de anclaje fuera de tolerancia	Referido a trabajos de colocación de pernos de anclaje en estructuras, equipos, soportes estructurales.
Producto	Recubrimiento incorrecto	Referido a un error en el material o proceso utilizado como recubrimiento.
Producto	Ubicación incorrecta (incl. desnivel, orientación)	Mal posicionamiento.

Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.

ANEXO E: Capacitaciones programadas entre abril 2021 a julio 2022

PROYECTO CONCENTRADORA QUELLAVECO RESUMEN PROGRAMA CAPACITACIONES ABRIL 2021 - JULIO 2022 TEMAS MOLINO SAG - PRESERVACIÓN - AJUSTE DE PERNOS - GROUT																										
		SEMANA 01					SEMANA 02					SEMANA 03					SEMANA 04					SEMANA 05				
Item	Mes	Molino SAG	Preservación	Soldadura	Ajuste de pernos	Grout	Molino SAG	Preservación	Soldadura	Ajuste de pernos	Grout	Molino SAG	Preservación	Soldadura	Ajuste de pernos	Grout	Molino SAG	Preservación	Soldadura	Ajuste de pernos	Grout	Molino SAG	Preservación	Soldadura	Ajuste de pernos	Grout
1	abr-21							X	X			X	X	X			X	X	X				X	X		
2	may-21								X				X	X	X				X	X		X	X	X	X	
3	jun-21	X			X			X					X	X	X				X			X	X		X	
4	jul-21				X		X	X					X	X	X				X			X	X	X	X	
5	ago-21			X			X		X				X	X				X	X							
6	sep-21				X		X	X					X	X	X				X			X	X	X	X	
7	oct-21						X	X		X			X	X	X			X	X	X		X	X	X	X	
8	nov-21						X	X	X		X		X	X	X	X		X	X	X	X		X	X		X
9	dic-21						X	X	X		X		X	X	X	X		X	X	X	X		X	X		
10	ene-22		X	X			X	X		X	X		X	X	X	X		X	X	X	X		X	X		
11	feb-22						X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X		X	X		X
12	mar-22			X					X			X	X	X				X						X		
13	abr-22								X			X		X			X	X	X					X		
14	may-22						X		X			X		X					X					X		
15	jun-22								X					X			X		X							
16	jul-22													X			X		X							

Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.

ANEXO F: Listado de Inspecciones Molino SAG

Montaje de Molino SAG

N°	Actividades del Proceso de Construcción	RAC	Actividades de Control	Alcance			Criterio de aceptación. Referencias/Normas	Formato de Inspección	Muestra / Frecuencia
				Tipo	Empresa	Cliente			
1.1	1. Recepción y Almacenamiento de Componentes del Molino SAG.	A	Inspección de placa de identificación, puntos de conexión del equipo, componentes, materiales.	I	IP	---	De acuerdo a EE.TT. del Proyecto y Planos aprobados para construcción.	IC-GP-FR-024	Cada vez que llegan el suministro a obra.
1.2			Verificación de entrega de documentación técnica del equipo (certificados de calidad donde aplique).	I	WP	---	IC-CA-PC-05, Gestión de almacenes.	IC-GP-FR-032 PG.0004-F5 PC.5600-F3	
1.3			Revisión de daños (superficiales, pintura).	I	WP	---	Manual del Fabricante.		
1.4			Condiciones de almacenamiento / preservación.	I	IP	---			
2.1	2. Equipos de medición y ensayo	A	Recepción de equipo de medición, documentación del equipo IME (certificado de calibración / otros).	I	IP	---	De acuerdo a EE.TT. del Proyecto y/o documentos aprobados para el proyecto.	IC-GP-FR-025 IC-GP-FR-026	Cada vez que llegan equipos de medición.
2.2		P,C	Revisión de equipos de medición y ensayo (rangos, calibración, contrastación, condiciones de almacenamiento, daños, documentación de equipo IME aprobada).	I	HP	---	IC-GP-PC-020 Gestión de equipos de inspección, medición y ensayo.		
2.3		P,C	Revisión de vigencia de calibración de equipos.	I	IP	---			Según frecuencia de calibración
3.1	3. Construcción de fundaciones (bases de concreto)	P,C	Previo al montaje, revisar que el concreto haya llegado a la resistencia requerida.	I	IP	---	De acuerdo a EE.TT. del Proyecto y/o documentos aprobados para el proyecto.	PC.2411-F3	
3.2		P,C	Control dimensional en pernos de fundación	I	WP	---	Manual del fabricante.	PC.3100-F1	
4.1	4. Instalación de placas bases.	P, C	Placas base de cojinete de muñón: Control Topográfico:	I	HP	---	De acuerdo a EE.TT. del Proyecto y/o documentos aprobados para el proyecto.	PC.3100-F1	100%

N°	Actividades del Proceso de Construcción	RAC	Actividades de Control	Alcance			Criterio de aceptación. Referencias/Normas	Formato de Inspección	Muestra / Frecuencia
				Tipo	Empresa	Cliente			
4.2		P, C	Placas base de componentes de impulsión (motor): Control Topográfico:	I	HP	---	Manual del fabricante.		
4.3		P,C	Verificar condiciones de superficie (escarificado)	I	WP	---			
4.4		P, C	Verificación de Instalación de Tornillos Regulables (según aplique)	I	WP	---			
5.1		P, C	Inspección de limpieza de superficies de contacto: del Trunnion Bearing con la lechada, superficies de PADs.	I	IP	---		PC.5600-F1	
5.2		P, C	Control topográfico: elevación y alineación.	I	HP	---		PC.3100-F1	
5.3	5. Instalación de los conjuntos de cojinetes de muñón (Trunnion Bearing)	P, C	Nivelación de los PADs a la altura requerida.	P	HP	---	De acuerdo a EE.TT. del Proyecto y/o documentos aprobados para el proyecto.	PC.3100-F1	100%
5.4		P, C	Inspección de preparación de pernos de anclaje: llenado de arena en camisetitas de pernos (verificación no existencia de agua en camisetitas).	P	HP	---	Manual del fabricante.	PC.5600-F1	
5.5		P, C	Inspección en preparación y colocación de Grout Epóxico	P	HP	---		PC.5600-F1	
5.6		P, C	Inspección de ajuste de pernos de anclajes de los trunnion bearing (etapas y secuencia de ajuste según manual vendor).	P	HP	---		PC.5500-F1	
6.1		P, C	Control topográfico en gatas hidráulicas para instalación de la cuna temporal.	I	HP	---		PC.3100-F1	
6.2	6. Montaje de Shell, cuna temporal e instalación de pernos SPC4	P, C	Inspección de escarificado y limpieza de superficie de concreto para gatas hidráulicas de cuna temporal.	I	WP	---	De acuerdo a EE.TT. del Proyecto y/o documentos aprobados para el proyecto.	PC.3200-F1	100%
6.3		P, C	Inspección en colocación de Grout Epoxico en Gatas hidráulicas para la cuna temporal.	I	HP	---	Manual del fabricante.		100%
6.4		P, C	Control topográfico en jacking cradle (cuna de elevación de Shell)	I	HP	---		PC.3100-F1	100%

N°	Actividades del Proceso de Construcción	RAC	Actividades de Control	Alcance			Criterio de aceptación. Referencias/Normas	Formato de Inspección	Muestra / Frecuencia
				Tipo	Empresa	Cliente			
6.5		P, C	Verificación de la Limpieza de juntas maquinadas (bridas de los Shell central, carga, descarga y tapas del molino).	I	WP	---		PC.5600-F1	100%
6.6		P, C	Control topográfico del conjunto del Shell.	I	HP	---		PC.3100-F1	100%
6.7		P, C	Inspección de la elongación de pernos SPC4: Etapas de elongación, márgenes de error 1ra lectura en estado de reposo. Medición final se verifica de la mitad superior y se gira el molino para verificar la 2da mitad.	P	HP	---		PC.5500-F1	100%
6.8		P, C	Verificación de la redondez de la carcasa	I	HP	---		PC.3100-F1	100%
6.9		P, C	Inspección del apriete de pernos SPC4 entre trunnion y tapa lado carga y descarga.	P	HP	---		PC.5500-F1	100%
7.1		P, C	Verificación altura de PADs.	I	WP	---		PC.5600-F1	100%
7.2		P, C	Ajuste de PADs de acuerdo a valores de torque manual vendor.	I	HP	---	De acuerdo a EE.TT. del Proyecto y/o documentos aprobados para el proyecto.	PC.5500-F1	100%
7.3	7. Instalación de PADs	P, C	Medición de holguras entre segmentos de empuje (thrust pad).	I	WP	---		PC.5600-F1	100%
7.4		P, C	Ajuste de THRUST PADs de acuerdo a valores de torque manual vendor.	I	HP	---	Manual del fabricante.	PC.5500-F1	100%
7.5		P, C	Verificación de alineación y nivelación del molino.	I	WP	---		PC.3100-F1	100%
8.1	8. Instalación de revestimiento de molino (mill liner)	P, C	Inspección de materiales a utilizar (imprimantes, adhesivos)	I	HP	---	De acuerdo a EE.TT. del Proyecto y/o documentos aprobados para el proyecto.	Certificado de calidad de materiales	100%
8.2		P, C	Ajuste de pernos de forros.	I	WP	---	Manual del fabricante.	PC.5500-F1	100%
9.1	9. Instalación de chute	P, C	Controles topográficos: Alineamiento, elevación de riel y nivelación entre rieles.	I	WP	---	De acuerdo a EE.TT. del Proyecto y/o documentos aprobados para el proyecto.	PC.3100-F1	100%

N°	Actividades del Proceso de Construcción	RAC	Actividades de Control	Alcance			Criterio de aceptación. Referencias/Normas	Formato de Inspección	Muestra / Frecuencia
				Tipo	Empresa	Cliente			
9.2	y rampa de alimentación	P, C	Ajuste de pernos al valor indicado en el manual del fabricante	I	WP	---	Manual del fabricante.	PC.5500-F1	100%
10.1	10. Instalación de extremo de descarga (trommel)	P, C	Inspección de interior de muñón de descarga	I	WP	---	De acuerdo a EE.TT. del Proyecto y/o documentos aprobados para el proyecto.	PC.5500-F1	100%
10.2		P, C	Ajuste de pernos al valor indicado en el manual del fabricante	I	WP	---	Manual del fabricante.		
11.1	11. Instalación del sistema de freno / unidad de lubricación	P, C	Control topográfico posicionamiento	I	WP	---	De acuerdo a EE.TT. del Proyecto y/o documentos aprobados para el proyecto.	PC.3100-F1	100%
11.2		P, C	Ajuste de pernos de anclaje al valor indicado en el manual del fabricante	I	WP	---	Manual del fabricante.	PC.5500-F1	100%
12.1		A, C	Inspección de recepción de consumibles (certificados de calidad). Condiciones de almacenamiento. Verificar fechas de vigencia del producto.	I	IP	---	De acuerdo a EE.TT. del Proyecto y/o documentos aprobados para el proyecto.	IC-GP-FR-024 PG.0004-F5	Cada vez que lleguen los materiales a Obra
12.2	12. Colocación de grout	P, C	Revisión de liberación de alineamientos y nivelaciones de la base donde esta posicionado el equipo.	I	HP	---	Manual del fabricante.	PC.3100-F1	100%
12.3		P, C	Colocación de grout, según el tipo que aplique.	I	WP	---		PC.2411-F3 PC.3200-F1	100%
13.1		P, C	Inspección de recepción de lubricantes, grasas (certificados de calidad). Condiciones de almacenamiento. Verificar fechas de vigencia del producto.	I	IP	---	De acuerdo a EE.TT. del Proyecto y/o documentos aprobados para el proyecto.	PG.0004-F5	100%
13.2	13. Lubricación	P, C	La ejecución del llenado de lubricante, grasa debe cumplir lo indicado por el fabricante del equipo, debe colocarse la tarjeta/etiqueta de "lubricado" una vez ejecutada la actividad.	I	HP	---	Manual del fabricante.	PC.5300-F3	100%
14.1	14. Pintado / Touch up	P, C	Inspección de recepción de consumibles (certificados de calidad). Condiciones de almacenamiento. Verificar fechas de vigencia del producto.	I	IP	---	De acuerdo a EE.TT. del Proyecto y/o documentos aprobados para el proyecto.	PG.0004-F5	100%

N°	Actividades del Proceso de Construcción	RAC	Actividades de Control	Alcance			Criterio de aceptación. Referencias/Normas	Formato de Inspección	Muestra / Frecuencia
				Tipo	Empresa	Cliente			
14.2		P, C	La ejecución de la pintura debe cumplir los requisitos solicitados de condiciones de medio ambiente para la aplicación, condiciones de superficie, etc.	I	WP	---	Manual del fabricante.	PC.9100-F1	100%
15.1	15. Entrega de equipo (verificación de cumplimiento de requisitos)	P, C	Verificar: 1. Se ha completado los controles indicados en el plan de inspección y los protocolos están aprobados 2. Han sido levantados (si hubiese) los trabajos de actividades de punch list. 3. Registros de observaciones que pudieran haberse generado en el proceso de montaje se encuentran cerrados.	I	HP	---	De acuerdo a EE.TT. del Proyecto y/o documentos aprobados para el proyecto. Manual del fabricante.	PC.5100-F5	100%

Nota: Elaboración propia de la empresa constructora, documentos mencionados son de carácter confidencial

Montaje de Estator de Molino SAG

N°	Actividades del Proceso de Construcción	RAC	Actividades de Control	Alcance			Criterio de aceptación. Referencias/Normas	Formato de Inspección	Muestra / Frecuencia
				Tipo	Empresa	Cliente			
1.1	1. Recepción y Almacenamiento de Equipo	A	Inspección de placa de identificación, puntos de conexión del equipo, componentes, materiales, verificación de entrega de documentación técnica del equipo (certificados de calidad donde aplique).	I	IP	---	De acuerdo a EE.TT. del Proyecto y Planos aprobados para construcción.	IC-GP-FR-024	Cada vez que llegan el suministro a obra.
1.2		P,C	Inspección del suministro, correspondencia con Planos / EE.TT / Documentos técnicos de proyecto.	I	WP	---	IC-CA-PC-05, Gestión de almacenes.	IC-GP-FR-032	
1.3		P,C	Revisión de daños	I	WP	---	Manual del Fabricante.	PG.0004-F5	
1.4		A, P, C	Condiciones de almacenamiento / preservación.	I	IP	---		PC.5600-F3	
2.1	2. Equipos de medición y ensayo	A	Recepción de equipo de medición, documentación del equipo IME (certificado de calibración / otros).	I	IP	---	De acuerdo a EE.TT. del Proyecto y/o documentos aprobados para el proyecto.	IC-GP-FR-025 IC-GP-FR-026	Cada vez que llegan equipos de medición.
2.2		P,C	Revisión de equipos de medición y ensayo (rangos, calibración, contrastación, condiciones de almacenamiento, daños, documentación de equipo IME aprobada).	I	HP	---			
2.3		P,C	Revisión de vigencia de calibración de equipos.	I	IP	---	IC-GP-PC-020 Gestión de equipos de inspección, medición y ensayo.		Según frecuencia de calibración

N°	Actividades del Proceso de Construcción	RAC	Actividades de Control	Alcance			Criterio de aceptación. Referencias/Normas	Formato de Inspección	Muestra / Frecuencia
				Tipo	Empresa	Cliente			
3.1	3.	P,C	Previo al montaje, revisar que el concreto haya llegado a la resistencia requerida.	I	IP	---	De acuerdo a EE.TT. del Proyecto y/o documentos aprobados para el proyecto.	PC.2411-F3	100%
3.2	Construcción de fundaciones (bases de concreto)	P,C	Control dimensional en pernos de fundación (variaciones horizontales y verticales), correspondencia con posición de agujeros de anclaje del equipo. Verificaciones topográficas de cimentación.	I	WP	---	Manual del fabricante.	PC.3100-F1	
4.1	4. Armado / Montaje de Estator	P,C	Realizar el control de: 1. Alineamiento y nivelación de Roller Tracks. 2. Alineamiento y nivelación de shims plate de estator. 3. Alineamiento y nivelación de soleplate de estator.	I	WP	---	De acuerdo a EE.TT. del Proyecto y/o documentos aprobados para el proyecto. Manual del fabricante.	PC.3100-F1	100%

N°	Actividades del Proceso de Construcción	RAC	Actividades de Control	Alcance			Criterio de aceptación. Referencias/Normas	Formato de Inspección	Muestra / Frecuencia
				Tipo	Empresa	Cliente			
4.2		P,C	Inspección de limpieza:				Código de fabricación aplicable al equipo.	PC.5600-F1	100%
			1. Superficie de soleplate de estator.						
			2. Superficie de base inferior de segmento de estator en empalme con soleplate.						
			3. Superficie de empalme entre segmentos inferiores de estator.						
			4. Superficie de empalme entre segmentos superiores de estator.						
			5. Superficies de empalme entre segmentos (superior - inferior).	I	WP	---			
			6. Superficie de polos de estator.						
			7. Superficie del flange de tapa de molino.						
			8. Superficie de flange de anillos rozantes de estator.						
			9. Superficie de flange de segmentos de anillo de sello de estator.						

N°	Actividades del Proceso de Construcción	RAC	Actividades de Control	Alcance			Criterio de aceptación. Referencias/Normas	Formato de Inspección	Muestra / Frecuencia
				Tipo	Empresa	Cliente			
4.3		P,C	En la instalación de pernos, tener en cuenta el control de inspección del ajuste con valores aprobados para el proyecto. Control de ajustes en lo siguiente: 1. Pernos en soleplate de estator. 2. Pernos en roller tracks. 3. Pernos en placas de cobre (empalme entre segmentos de polos ubicados en estator). 4. Pernos en polos del estator. 5. Pernos en sistema protector de lluvia. 6. Pernos en sistema guardapolvo. 7. Pernos en aircooler de segmentos de estator. 8. Pernos en segmentos de anillo rozante y placas de unión de anillos rozantes. 9. Pernos en anillo de sello y entre segmentos de anillo de sello. 10. Pernos en segmentos de tacómetro. 11. Pernos de empalme entre segmentos de estator.	P	WP	---		PC.5500-F1	100%
4.4		P,C	Inspección del llenado de arena en camisetas de soleplate. Sellado de camiseta.	I	WP	---		PC.5600-F1	100%
4.5		P,C	Inspección del run out del flange en el giro del molino.	I	WP	---		PC.5600-F1	100%

N°	Actividades del Proceso de Construcción	RAC	Actividades de Control	Alcance			Criterio de aceptación. Referencias/Normas	Formato de Inspección	Muestra / Frecuencia
				Tipo	Empresa	Cliente			
4.6		P,C	Inspección del run out de polos de estator.	I	WP	---		PC.5600-F1	100%
4.7		P,C	Inspección del run out del anillo rozante de estator.	I	WP	---		PC.5600-F1	100%
4.8		P,C	Inspección del run out del anillo de sello de estator.	I	WP	---		PC.5600-F1	100%
4.9		P,C	Inspección de sellado de ranuras entre segmentos de polos, contorno de anillo de sello y anillo rozante.	I	WP	---		PC.5600-F1	100%
4.10		P,C	Inspección de alineación del motor.	I	WP	---		PC.5600-F1	100%
5.1		A, C	Inspección de recepción de consumibles de soldadura (certificados de calidad).	I	IP	---	De acuerdo a EE.TT. del Proyecto y/o documentos aprobados para el proyecto.	IC-GP-FR-024	Cada vez que lleguen los materiales a Obra
			Condiciones de almacenamiento.					PG.0004-F5	
5.2		A, C	Inspección de maquinas de soldar (certificados de operatividad).	I	IP	---		PC.4100-F1	
5.3	5. Soldadura	P, C	Calificación de procedimientos de soldadura (PQR, WPS)	P	HP	---		Formato de Calificación según código aplicable	100%
5.4		P, C	Calificación de soldadores (WPQR).	P	HP	---	AWS D1.1 o el código que sea aplicable según Manual del fabricante / diseño del equipo.	Formato de Calificación según código aplicable	100%
			Inspección de soldadura en componentes del equipo según aplique:					PC.4350-F1	
5.5		P, C	1. Junta de unión en silletas de estator. 2. Juntas de unión en anillo rozante.	I	WP	---		Formato de subcontratista de END	100%

N°	Actividades del Proceso de Construcción	RAC	Actividades de Control	Alcance			Criterio de aceptación. Referencias/Normas	Formato de Inspección	Muestra / Frecuencia
				Tipo	Empresa	Cliente			
5.6		C	Ensayos no destructivos (Tintes penetrante, Partículas magnéticas, ultrasonido, radiografía, etc.).	P	HP	---			Según requerimiento de proyecto
6.1		A, C	Inspección de recepción de consumibles (certificados de calidad). Condiciones de almacenamiento. Verificar fechas de vigencia del producto.	I	IP	---	De acuerdo a EE.TT. del Proyecto y/o documentos aprobados para el proyecto.	IC-GP-FR-024 PG.0004-F5	Cada vez que lleguen los materiales a Obra
6.2	6. Colocación de grout	P, C	Revisión de liberación de alineamientos y nivelaciones de la base donde está posicionado el equipo. Colocación de grout, según el tipo que aplique.	I	HP	---	Manual del fabricante.	PC.3100-F1	100%
6.3		P, C	1. Grout en shim plates de soleplate. 2. Grout en roller track. 3. Grout en soleplate.	I	WP	---		PC.2411-F3 PC.3200-F1	100%
7.1	7. Pintado / Touch up	P, C	Inspección de recepción de consumibles (certificados de calidad). Condiciones de almacenamiento. Verificar fechas de vigencia del producto. La ejecución de la pintura (touch up) debe cumplir los requisitos solicitados de condiciones de medio ambiente para la aplicación, condiciones de superficie, etc.	I	IP	---	De acuerdo a EE.TT. del Proyecto y/o documentos aprobados para el proyecto.	PG.0004-F5	100%
7.2		P, C		I	WP	---	Manual del fabricante.	PC.9100-F1	100%

N°	Actividades del Proceso de Construcción	RAC	Actividades de Control	Alcance			Criterio de aceptación. Referencias/Normas	Formato de Inspección	Muestra / Frecuencia
				Tipo	Empresa	Cliente			
8.1	8. Entrega de equipo (verificación de cumplimiento de requisitos)	P, C	Verificar: 1. Se ha completado los controles indicados en el plan de inspección y los protocolos están aprobados 2. Han sido levantados (si hubiese) los trabajos de actividades de punch list. 3. Registros de observaciones que pudieran haberse generado en el proceso de montaje se encuentran cerrados.	IP	HP	---	De acuerdo a EE.TT. del Proyecto y/o documentos aprobados para el proyecto. Manual del fabricante.	PC.5100-F5	100%

Nota: Elaboración propia de la empresa constructora, documentos mencionados son de carácter confidencial

Leyenda de siglas en listado de inspección

RAC – Responsable de Actividad de Construcción	Tipo de Actividad de Control	Alcance de la Inspección
A: Almacén	I: Inspección Visual & Mecánica	HP: Aprobación con presencia obligatoria
P: Producción	P: Prueba (sobre elemento en campo)	WP: Aprobación con presencia opcional
C: Aseguramiento y Control de Calidad	E: Ensayo (sobre espécimen en laboratorio)	IP: Punto de control interno

Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.

ANEXO G: Modelo de formato de programa de inspección diaria

PROYECTO _____ PROGRAMA DIARIO DE INSPECCIONES										
Programa de inspecciones para fecha:						Programa Enviado por:				
No	Horario de		Código PPI	Numeral PPI	Descripción de la inspección a realizar	Alcance Inspección		Ubicación	Avance	Comentarios
	Desde	Hasta				Contratista	Cliente			
DISCIPLINA CIVIL										
DISCIPLINA ESTRUCTURAS										
DISCIPLINA TUBERIA										
DISCIPLINA MECANICA										
DISCIPLINA ELECTRICIDAD										
DISCIPLINA INSTRUMENTACIÓN										

Nota: Elaboración propia de la empresa constructora.