

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Trabajo de Suficiencia Profesional

**Cambio de chancadora cónica terciaria HP500
de la planta concentradora Unidad Minera
Atacocha - Nexa Resources**

Eleo Gabriel Egusquiza Ramos

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico

Huancayo, 2022

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de suficiencia profesional



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios, que me dio el entendimiento y sabiduría para recorrer por las fases de este proyecto y alcanzar los resultados que se esperaban.

De igual manera, estoy agradecido a Nexa Resources Atacocha S. A. A., por proveer los recursos que han sido precisos para realizar la ejecución del proyecto. No hubiese podido obtener los resultados deseados de no haber sido por su incondicional ayuda.

A mis compañeros de trabajo y familiares, por consolarme cuando venían momentos difíciles en el proyecto. En particular, mis padres, esposa e hijos, que constantemente estuvieron ahí, dándome frases que estimulaban y reconfortaban mis energías.

Muchas gracias.

DEDICATORIA

A Dios, quien es guía en mi vida, siempre está ahí bendiciéndome en todo momento para llegar a mis objetivos sin desfallecer.

A mis padres, que siempre fueron perseverantes conmigo, con amor y ejemplo hicieron posible que logre culminar Ingeniería Mecánica.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Agradecimiento	ii
Dedicatoria	iii
Índice de contenido	iv
Índice de figuras	vii
Índice de tablas	x
Resumen ejecutivo	xi
Introducción	xii
CAPÍTULO I	13
ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA	13
1.1. Datos generales de la institución	13
1.2. Actividades principales de la empresa	14
1.2.1. Producción de finos.....	14
1.2.2. Exploración, reservas y recursos mineros	14
1.2.3. Inventario de reservas y recursos	15
1.2.4. Explotación	16
1.2.5. Inversiones y proyectos.....	16
1.3. Reseña histórica de la empresa.....	17
1.3.1. Capacitación.....	18
1.4. Organigrama de la empresa.....	19
1.4.1. Directorio vigente	19
1.5. Visión y misión	20
1.5.1. Visión	20
1.5.2. Misión	20
1.6. Bases legales o documentos administrativos	20
1.6.1. Contrato de servicios entre Nexa Perú y Nexa Atacocha	20
1.6.2. Cumplimiento normativo	21
1.7. Descripción del área donde realiza sus actividades profesionales	21
1.8. Descripción del cargo y de las responsabilidades del bachiller en la empresa.....	21
1.8.1. Descripción del cargo	21
1.8.2. Responsabilidades	22
CAPÍTULO II	24
ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES	24
2.1. Antecedentes o diagnóstico situacional	24
2.2. Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad profesional.....	26
2.3. Objetivos de la actividad profesional	27

2.3.1. Objetivo general.....	27
2.3.2. Objetivos específicos	27
2.4. Justificación de la actividad profesional	27
2.5. Resultados esperados.....	28
CAPÍTULO III.....	29
MARCO TEÓRICO	29
3.1. Bases teóricas de las metodologías o actividades realizadas	29
3.1.1. Chancado.....	29
3.1.1.1. Impacto.....	30
3.1.1.2. Fricción	30
3.1.1.3. Deslizamiento.....	30
3.1.1.4. Compresión	30
3.1.2. Gasto energético de planta concentradora	31
3.1.3. Tamaño de trituración o chancado y selección de equipos	31
3.1.4. Selección de chancadoras	32
3.1.5. Equipos de trituración	32
3.1.5.1. Trituradoras por compresión.....	33
3.1.5.2. Trituradoras de impactos.....	36
3.1.6. Tamaño del mineral chancado	38
3.1.7. Diseño de la trituración o chancado.....	39
3.1.7.1. Localización	39
3.1.7.2. Transporte del mineral a la trituración o chancado	39
3.1.8. Tipos de plantas	40
3.1.8.1. Planta fija o estacionaria	40
3.1.8.2. Planta semifija o semiestacionaria	40
3.1.8.3. Planta semimóvil o semiportátil	40
3.1.8.4. Planta móvil o portátil.....	40
3.1.9. Mecanismos y máquinas	41
3.1.10. Disposición de la alimentación	42
3.1.11. Seguridad en plantas concentradoras	43
3.1.11.1. Reglas de oro de Nexa Resources	43
3.1.12. Terminología.....	45
CAPÍTULO IV	48
DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES	48
4.1. Descripción de actividades profesionales	48
4.1.1. Enfoque de las actividades profesionales	48
4.1.2. Alcance de las actividades profesionales.....	48

4.1.3. Entregables de las actividades profesionales	49
4.2. Aspectos técnicos de la actividad profesional.....	49
4.2.1. Metodologías.....	49
4.2.2. Técnicas	50
4.2.3. Instrumentos.....	51
4.2.4. Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades	51
4.2.4.1. Relación de equipos de protección personal.....	52
4.3. Ejecución de las actividades profesionales	54
4.3.1. Cronograma de actividades realizadas.....	54
4.3.2. Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales.....	55
4.3.2.1. Proceso de gestión.....	55
4.3.2.2. Desmontaje.....	57
4.3.2.3. Traslado.....	63
4.3.2.4. Montaje	64
4.3.2.5. Pruebas	72
CAPÍTULO V.....	74
RESULTADOS.....	74
5.1. Resultados finales de las actividades realizadas	74
5.2. Logros alcanzados	74
5.3. Dificultades encontradas	74
5.4. Planeamiento de mejoras.....	74
5.4.1. Metodologías propuestas	74
5.4.2. Descripción de la implementación.....	75
5.5. Análisis	75
5.6. Aporte del bachiller en la empresa.....	75
Conclusiones	77
Recomendaciones	78
Lista de referencias	79
Anexos	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localización de la oficina principal Nexa Resources Atacocha S. A. A. ...	13
Figura 2. Logo de la empresa.....	14
Figura 3. Unidad minera Atacocha. Tomada de Google Maps	14
Figura 4. Entrada a la minera Atacocha. Tomada de Google Maps.....	15
Figura 5. Atacocha, Chicrín, Pasco. Tomada de Google Maps	17
Figura 6. Organigrama Nexa Resources S. A. A.....	19
Figura 7. Línea de tiempo de falla de Chancadora Hp500	24
Figura 8. Impacto de la uña de excavadora en el blindaje del Head	25
Figura 9. Impacto del eje excéntrico contra el buje del Head	25
Figura 10. Fractura de Main Shaft por fatiga e ingreso de inchancable	26
Figura 11. Fractura Main Shaft lado excéntrico	26
Figura 12. Cambio de Chancadora.....	27
Figura 13. Trituradora de efecto simple.....	34
Figura 14. Trituradora de doble efecto	34
Figura 15. Trituradora giratoria	36
Figura 16. Trituradora de cono	36
Figura 17. Trituradora de impactos de eje horizontal.....	37
Figura 18. Trituradora de impactos de eje vertical	38
Figura 19. Mecanismo.....	42
Figura 20. Máquina	42
Figura 21. Métodos de alimentación para una chancadora.....	42
Figura 22. Cronograma del cambio de chancadora HP500	54
Figura 23. Manera Nexa.....	56
Figura 24. Charla de seguridad	57
Figura 25. Partes de la estructura principal.....	57
Figura 26. Desmontaje chancadora HP500.....	58
Figura 27. Retiro de chute de alimentación	58
Figura 28. Desmontaje de motor.....	58
Figura 29. Desmontaje del sistema hidráulico	59
Figura 30. Desmontaje de Bowl Liner	59
Figura 31. Desmontaje de Head.....	60
Figura 32. Ensamble de sistema hidráulico de alivio	60
Figura 33. Desmontaje de anillo de ajuste	60

Figura 34. Desmontaje de componentes hidráulicos de alivios de la chancadora HP500, mangueras y acumuladores	61
Figura 35. Conjunto de la excéntrica en la chancadora	61
Figura 36. Conjunto de la excéntrica	61
Figura 37. Desmontaje de la excéntrica fracturada con todo el contrapeso	62
Figura 38. Desmontaje del contrapeso del conjunto de la excéntrica.....	62
Figura 39. Conjunto de la caja del contraeje.....	62
Figura 40. Desmontaje de la caja del contraeje	63
Figura 41. Desmontaje de contra eje.....	63
Figura 42. Izaje del anillo de ajuste a la cama baja	63
Figura 43. Izaje cuerpo de chancadora HP500	64
Figura 44. Nivelación del base de concreto y grouting con lánas	64
Figura 45. Montaje de Soleplate HP500.....	64
Figura 46. Montaje de Main Frame	65
Figura 47. Consideración de la posición del buje exterior del contraeje, en este caso se considera la posición normal a las 6:00 ya que el motor estará de manera horizontal	65
Figura 48. Montaje de contra eje	65
Figura 49. Montaje excéntrica y contrapeso	66
Figura 50. Instalación de socket y socket liner	66
Figura 51. Especificación para la temperatura de calentamiento del socket para la instalación en el Main Shaft	66
Figura 52. Verificación del asiento del socket, no debe haber luz entre el socket y el Main Shaft	67
Figura 53. Especificación para la temperatura de calentamiento del socket liner para la instalación en el Main Shaft.....	67
Figura 54. Montaje de gatos de alivio y componentes hidráulicos.....	67
Figura 55. Montaje de anillo de ajuste en los gatos hidráulicos e instalación de catalina de ajuste	68
Figura 56. Instalación de mangueras hidráulicas.....	68
Figura 57. Proceso para la instalación del Head	68
Figura 58. Instalación de Head	69
Figura 59. Partes principales del conjunto Bowl	69
Figura 60. Nota importante para la instalación de Bowl	69
Figura 61. Instalación de Bowl	70
Figura 62. Instalación de chute de alimentación.....	70
Figura 63. Montaje de motor.....	71
Figura 64. Instalación de fajas de transmisión.....	71

Figura 65. Instalación del sistema hidráulico del HPU	71
Figura 66. Backlash y holgura de raíz	72
Figura 67. Backlash y holgura de raíz	72
Figura 68. Toma de medida Backlash, 0.95 mm	72
Figura 69. Presión de trabajo del sistema hidráulico de alta	73
Figura 70. Presión del sistema hidráulico de baja lubricación	73
Figura 71. Temperatura de contraeje, trabajo en vacío.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ficha descriptiva Nexa Resources, Atacocha	13
Tabla 2. Inventario de reservas y recursos, mina subterránea	15
Tabla 3. Inventario de reservas y recursos, tajo San Gerardo	16
Tabla 4. Proceso de integración con la U. M. El Porvenir	18
Tabla 5. Directorio de Nexa Resources Perú, periodo 2019 - 2020	20
Tabla 6. Clasificación de abrasividad según el porcentaje de sílice.....	32
Tabla 7. Graduación mínima de descarga para trituradoras Metso	38
Tabla 8. Equipos y materiales	51

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo demuestra la gestión de proceso de traslado e instalación de una chancadora HP 500 en la minera Atacocha, realizado por Nexa Resources, donde se aplicó conocimientos de gestión según la guía PMBOK, para garantizar la culminación satisfactoria del trabajo, también se aplicaron conocimientos de desmontaje y montaje en la ejecución del proyecto Cambio de la chancadora HP500.

Seguidamente, se especifica el contenido:

Aspectos generales de la empresa o institución, se exponen las actividades principales de la empresa Nexa Resources, historia, organigrama de la empresa, visión y misión, definición del área donde se realizan las actividades y funciones del trabajador.

Aspectos generales de las actividades profesionales, explica los antecedentes y una breve evaluación situacional, identificación de oportunidad o necesidad, objetivo general y específicos, justificación de la actividad profesional y los resultados supuestos.

Marco teórico, detalla las bases teóricas y conocimientos necesarios para llevar a cabo el trabajo, satisfactoriamente.

Descripción de las actividades profesionales, se describen los periodos técnicos y la realización de las actividades profesionales.

Resultados, conclusiones y recomendaciones, se exponen los frutos obtenidos después de la ejecución del trabajo, conclusiones respecto al desmontaje, traslado, montaje y puesta en operación de la chancadora HP500 y, finalmente, las recomendaciones pertinentes para su aplicación en futuros trabajos relacionados.

INTRODUCCIÓN

El área de chancado en una planta concentradora es una etapa clave en las operaciones, ya que, de esta depende la meta de producción diaria.

El proceso de chancado de la planta concentradora es importante, porque disminuye el mayor gasto de energía invertida en la operación (molienda), cuando se obtiene una granulometría óptima, los molinos consumen menos energía y cascajo, por ello, se debe garantizar la operatividad de los equipos del área de chancado, así mismo, es importante utilizar dispositivos de seguridad como detectores de metales y electroimanes.

Sin embargo, la posible vulneración del sistema de seguridad relacionada directa o indirectamente con las condiciones u actos subestándar en el trabajo, traen como consecuencia la salida de operación de los equipos del área, tal es lo ocurrido en la unidad minera Atacocha, donde, con fecha 29 de marzo del 2019, se reportó la salida de operación de la chancadora terciaria HP500 con el taj CH7 aproximadamente a las 5:40 a. m., ocasionado por la infiltración de un inchancable (uña de excavadora) lo que causó daños de deformación en el *lower head bushing, eccentric*, ruptura de *Main Shaft* y correas de trasmisión.

En su defecto, se realizó una junta con gerencia general para evaluar y determinar la solución inmediata, donde se determinó que la solución más viable sería la sustitución por una chancadora nueva existente en Perú con un tiempo de cambio de 15 días, mientras el proceso de importación del *Main Shaft* tendría periodo de un mes sin considerar tiempos de desmontaje, traslado, reparación del alojamiento de *Main Frame* y el montaje, con un tiempo total aproximado de 40 días.

Para ello, se necesitó un profesional para llevar a cabo la planificación, ejecución, seguimiento y el aseguramiento de la calidad en el proyecto Cambio de chancadora HP500.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA

1.1. Datos generales de la institución

La compañía Nexa Resources, Atacocha, tiene por objeto social la actividad minera. A continuación, se muestra la ubicación de la oficina principal en San Borja, Lima.

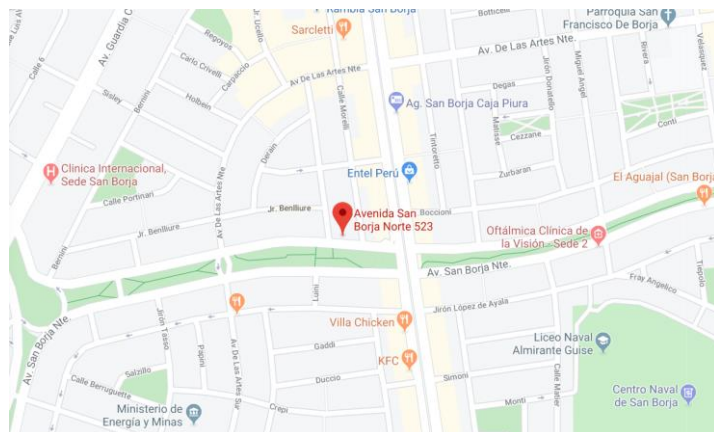


Figura 1. Mapa de localización de la oficina principal Nexa Resources Atacocha S. A. A.

En la tabla 1 se describen los datos generales de la empresa en la provincia de Pasco.

Tabla 1. Ficha descriptiva Nexa Resources, Atacocha

Ubicación	Departamento Pasco, provincia de Pasco, distrito de San Francisco de Asís de Yarusyacán
Razón social	Nexa Resources – Atacocha S. A. A.
Clase minera	Polimetálica subterránea
Altitud	4000 m s. n. m.
Producción	4500 toneladas por día
Proceso productivo	Mina subterránea con flotación de integración operativa en planta concentradora



Figura 2. Logo de la empresa

1.2. Actividades principales de la empresa

La unidad minera Atacocha tiene como actividades la exploración y explotación de yacimientos mineros, como el tratamiento y comercialización de concentrado de zinc, plomo y cobre, con contenidos de oro y plata.

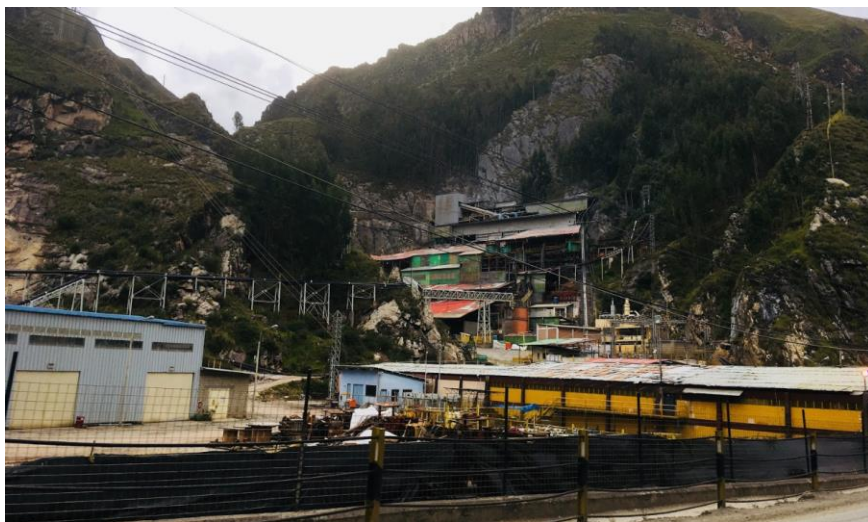


Figura 3. Unidad minera Atacocha. Tomada de Google Maps

1.2.1. Producción de finos

El 2018, en equivalencias equivalentes de zinc, hubo una producción de 45.3 mil t, en comparación a lo producido el 2017, hay una disminución de 4 % a consecuencia de la disminución en la ley de cabeza de plomo y oro, así mismo, bajo la producción de concentrados de plomo, que resulta en menores contenidos de subproductos (1).

1.2.2. Exploración, reservas y recursos mineros

En términos de exploración la UM Atacocha, durante 2018 hubo 52 696 metros de perforación diamantina a fin de extender cuerpos mineralizados y obtener áreas nuevas como San Gerardo subterráneo y la zona que integra entre Atacocha y El Porvenir. Durante este periodo, se realizó 39 299 metros de perforación diamantina, con el fin de incrementar la certeza y recategorizar los recursos minerales (programa de *infill*) (1).



Figura 4. Entrada a la minera Atacocha. Tomada de Google Maps

1.2.3. Inventario de reservas y recursos

A continuación, se resume el inventario de reservas y recursos de la U. M. Atacocha al 31 de diciembre de 2018, tanto para la mina subterránea como para el tajo abierto San Gerardo:

Tabla 2. Inventario de reservas y recursos, mina subterránea

Fecha: 31.12.2018					
Cut Off (NSR): SLS @61.99 US\$/t y CAF @71.13 US\$/t					
Reservas	Millones de Toneladas (Mt)	Zn (%)	Pb (%)	Cu (%)	Ag (g/t)
Reservas probadas	1.63	3.49	2.14	0.20	94.8
Reservas probables	2.16	4.52	1.38	0.30	69.4
Total de reservas	3.79	4.08	1.71	0.26	80.3
Recursos	Millones de Toneladas (Mt)	Zn (%)	Pb (%)	Cu (%)	Ag (g/t)
Recursos medidos	0.69	3.25	1.28	0.26	64.1
Recursos indicados	1.53	3.61	1.07	0.30	63.8
Subtotal Recursos	2.22	3.50	1.14	0.29	63.9
Recursos inferidos	4.95	3.46	1.52	0.35	102.7

Nota: tomada del Reporte Técnico Independiente NI 43-101 elaborada por Roscoe Postle Associates al 31.12.2018, de acuerdo a lo publicado en el Reporte Anual de Nexa Resources S. A. (20F) en 2019, utilizando estándares de definición CIM. 2014

Tabla 3. Inventario de reservas y recursos, tajo San Gerardo

Fecha: 31.12.2018						
Cut Off (NSR): 17.97 US\$/t						
Reservas	Millones de Toneladas (Mt)	Zn (%)	Pb (%)	Cu (%)	Ag (g/t)	Au (g/t)
Reservas probadas	3.10	0.96	0.99	0.03	33.0	0.22
Reservas probables	2.93	0.92	1.06	0.03	32.7	0.21
Total de reservas	6.03	0.94	1.02	0.03	32.8	0.22
Recursos	Millones de Toneladas (Mt)	Zn (%)	Pb (%)	Cu (%)	Ag (g/t)	Au (g/t)
Recursos medidos	1.47	1.47	0.88	0.05	30.1	0.22
Recursos indicados	2.27	1.13	0.87	0.05	29.3	0.23
Subtotal Recursos	3.74	1.26	0.88	0.05	29.6	0.23
Recursos inferidos	0.80	1.08	0.93	0.03	31.4	0.50

Nota: tomada del Reporte Técnico Independiente NI 43-101 elaborado por Roscoe Postle Associates al 31.12.2018, de acuerdo a lo publicado en el Reporte Anual de Nexa Resources S. A. (20F) en 2019, utilizando estándares de Definición CIM. 2014

1.2.4. Explotación

En el caso de las operaciones de explotación, el foco estuvo en concluir el túnel para la integración subterránea de las minas Atacocha y El Porvenir, con el objetivo de desarrollar avances al interior de la mina para encontrar mineralización en la «Zona Intermedia» para su posterior minado (1).

1.2.5. Inversiones y proyectos

En 2018 fueron invertidos US\$ 5,3 MM en proyectos de desarrollo en ingeniería en la unidad de Atacocha, entre los cuales destacan los trabajos de integración subterránea con la mina de El Porvenir, y el desarrollo de un nuevo botadero de desmontes para proporcionar continuidad al tajo San Gerardo (1).



Figura 5. Atacocha, Chicrín, Pasco. Tomada de Google Maps

1.3. Reseña histórica de la empresa

Nexa Resources, Atacocha S. A. A. fue constituida en febrero de 1936, con el fin de desarrollar actividades de exploración y explotación de yacimientos mineros, para producir concentrado de zinc, plomo y cobre.

Desde el 2008, la compañía minera Atacocha forma parte del grupo Milpo que, a su vez, forma parte de la empresa minera brasileña Nexa Resources.

Durante el 2018, se redujo de manera significativa el número de accidentes gracias al desarrollo de un nuevo plan de seguridad. Se logró cambiar del método minado de *cut and fill* para el de *sub level stoping* y con el objetivo de reducir costos, se realizó un estudio de optimización del plan de sostenimiento de la mina subterránea.

Por otro lado, se estabilizó la producción de la planta concentradora a 4 500 tpd, a través de la optimización de infraestructura primaria en las fajas transportadoras, chancadoras y la planta concentradora.

Además, en 2018, se logró la modificación del estudio de impacto ambiental de Atacocha que considera la exploración del tajío San Gerardo, y se vienen trabajando los permisos operativos.

A lo largo del año, el proceso de integración operacional de las unidades de Pasco, continúa de acuerdo con lo programado, se culminó la integración de las minas subterráneas y como próximo paso se dará la unificación de las operaciones para lograr sinergias en la producción de concentrados.

Tabla 4. Proceso de integración con la U. M. El Porvenir

Información clave	
Objetivo de la integración	Integración operativa de las UM El Porvenir y UM Atacocha, explotando las sinergias entre ambas unidades y reduciendo la huella ambiental de las operaciones.
Etapas de la integración	<ol style="list-style-type: none">1. Integración administrativa, que fue completada a fines del 2014.2. Integración del sistema de disposición de relaves, que inició operaciones a comienzos del 2016.3. Integración del suministro de energía mediante el desarrollo de una línea de transmisión de 138 kW, que fue construida hacia la mitad del 2016.4. Integración de las minas subterráneas, para contar con un solo sistema de izaje y lograr sinergias a nivel de infraestructura (programada para culminar por fases 2018).

Nota: tomada de la Memoria Anual 2018

1.3.1. Capacitación

El 2018, se enfocó el programa de capacitación en el desarrollo del Plan de Desarrollo Individual (PDI), por lo que, cada actividad realizada fue discutida con el gestor correspondiente. Así mismo, continuaron los cursos técnicos para la disminución de brechas, especialmente en la actualización de software, así como de nuevos sistemas requeridos como parte del proceso de integración con la casa matriz.

Este 2018 se priorizaron los estudios de portugués (para mejorar la interacción con el corporativo) e inglés, debido a las interacciones con empresas extranjeras, lecturas y certificaciones internacionales.

Además, se continuó con el programa «cultivando líderes», teniendo nuevos temas de interés para los gestores y enfocados en el desarrollo de sus habilidades de dirección, brindando estrategias y herramientas que los apoyará en su proceso de gestión de personas. Los resultados del programa se vienen reflejando en las evaluaciones de desempeño que se han realizado mapeando el avance de cada líder (1).

1.4. Organigrama de la empresa

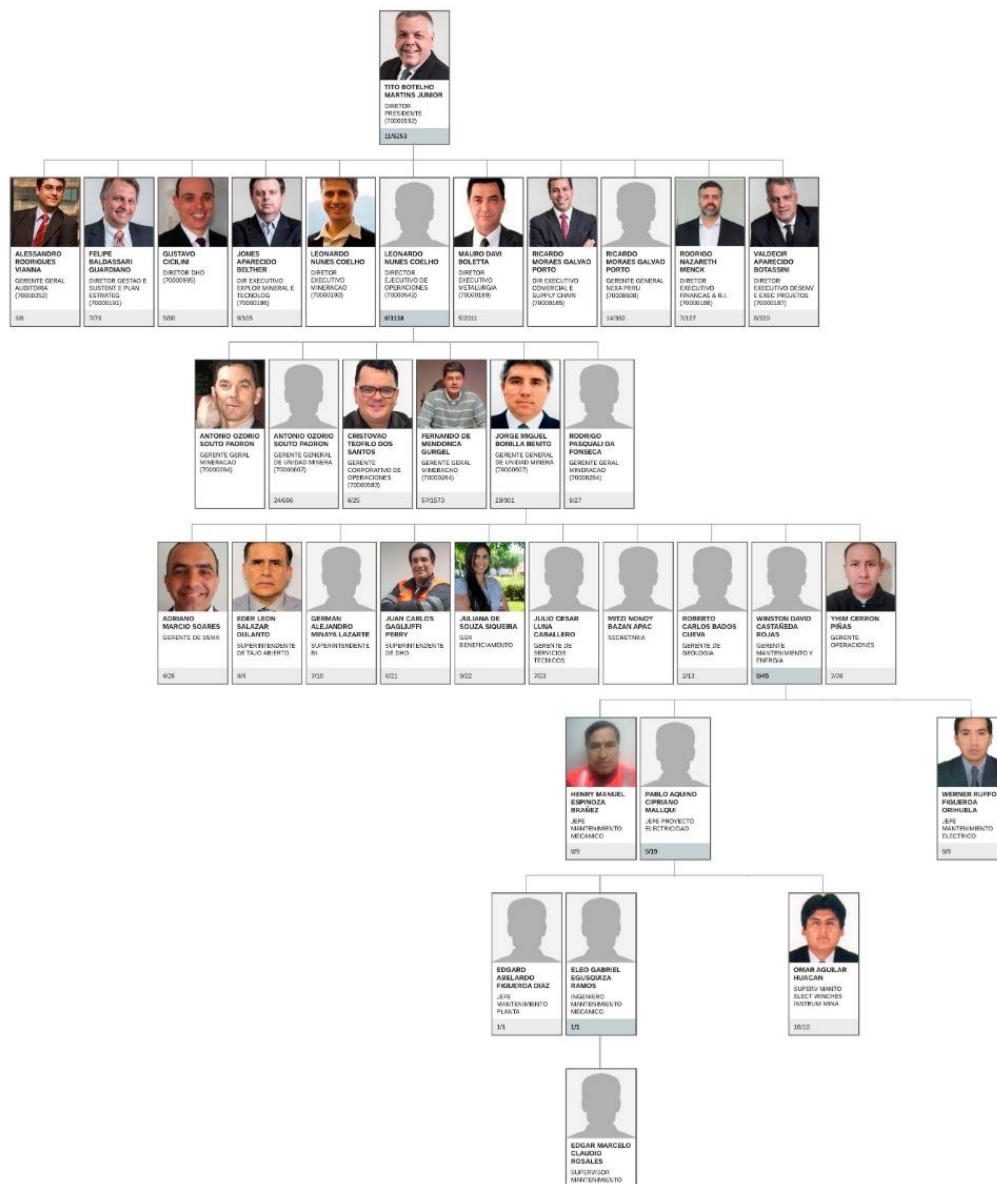


Figura 6. Organigrama Nexa Resources S. A. A.

1.4.1. Directorio vigente

El máximo órgano de gobierno de Nexa Resources Perú es el Directorio, que está vigente para el periodo marzo de 2019 - marzo de 2020.

El directorio cuenta con cinco miembros, siendo conformado por un presidente, un vicepresidente y tres directores adicionales. De estos, tres son directores adicionales. De estos, tres son directores ejecutivos, uno director no ejecutivo y uno independiente.

Cuatro miembros del directorio son hombres y una mujer, 2 de nacionalidad peruana y 3 de nacionalidad brasilera (2).

Tabla 5. Directorio de Nexa Resources Perú, periodo 2019 - 2020

Cargo	Nombre
Presidente	Agustín de Aliaga
Vicepresidente	Rodrigo Menck
Director	Tito Martins
Director	Jones Aparecido Belther
Director (Independiente)	Claudia Cooper

Nota: tomada de la Memoria Nexa 2019

El Directorio vigente fue nombrado en Junta Obligatoria Anual de Accionistas con fecha del 29 de marzo del 2019.

1.5. Visión y misión

1.5.1. Visión

Ser uno de los principales productores de metales «base» en el mundo (zinc, cobre y plomo), cuya estrategia de crecimiento sostenido se basa en un modelo transparente e innovador que genere valor para todos, de manera responsable.

1.5.2. Misión

Somos una organización líder en la concepción, ejecución y operación de proyectos minero-metalúrgicos que crea valor de manera responsable para sus accionistas, comunidades, trabajadores, clientes y socios de negocio.

1.6. Bases legales o documentos administrativos

1.6.1. Contrato de servicios entre Nexa Perú y Nexa Atacocha

El 1 de enero de 2010, la empresa Nexa Atacocha firmó un contrato por locación de servicios con Nexa Perú, que se encuentra vigente hasta el día de hoy.

Por medio de este contrato, Nexa Perú está obligada a brindar a Nexa Atacocha y sus subsidiarias, soporte contable, logístico, financiero, legal y comercialización, entre otros, que sean necesarios para subsistencia de la empresa, así mismo, la aplicación de estándares, políticas y procedimientos que correspondan (1).

1.6.2. Cumplimiento normativo

En Nexa Atacocha se realizan procesos de selección de personal transparentes y no respalda las prácticas de trabajo forzoso, infantil o discriminación, tanto de manera interna como en la cadena de valor. Hay posiciones existentes en los puestos de trabajo que son ocupados por personas de las comunidades aledañas a la U. M.

Con el fin de eliminar las prácticas ajenas de la moral organizacional, se cuenta con mecanismos de denuncia que permiten, de manera anónima, registrar cualquier violación a la ética, los valores y las creencias corporativas.

Durante el 2018, no se registraron denuncias que correspondan a infracciones en los procesos de selección de personal ni a temas relacionados con discriminación basada en motivos de sexo, discapacidad, edad, orientación sexual o religión, entre otros (1).

1.7. Descripción del área donde realiza sus actividades profesionales

El área de Energía y Mantenimiento de la unidad Pasco tiene como objetivos principales:

- La generación y transmisión de energía a la unidad minera de Atacocha a través de la red interconectada y de las hidroeléctricas de Chaprin y Marcopampa.
- Gestión de mantenimiento en las áreas de planta concentradora y operaciones de mina, donde se busca garantizar la disponibilidad de los equipos de dichas áreas, así mismo, afianzar la meta de cero accidentes.

1.8. Descripción del cargo y de las responsabilidades del bachiller en la empresa

1.8.1. Descripción del cargo

Ingeniero de mantenimiento mecánico, tiene como responsabilidad la jerarquización de activos en planta, implementación y gestión de programas de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, así como Análisis de Causa Raíz (ACR) para garantizar la disponibilidad de los activos que están bajo la responsabilidad de mantenimiento.

1.8.2. Responsabilidades

- Gestionar el cumplimiento KPI, realizar seguimiento de los indicadores de mantenimiento mensuales de la maquinaria crítica tipo A y B (disponibilidad, costos por mantenimiento, MTBF y MTTR).
- Gestionar el proceso de programación y planificación de mantenimiento, así como garantizar su cumplimiento, incluyendo los mantenimientos mayores (paradas de planta).
- Gestionar el área de mantenimiento mecánico de la planta concentradora coordinar trabajos con operaciones y con los supervisores de mantenimiento mecánico, eléctrico e instrumentación de las áreas de chancado, molienda, flotación y sistemas de transportes de relaves. Teniendo como propósito la seguridad del personal y el cumplimiento del plan de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo de los equipos en general como: fajas transportadoras, chancadoras de quijada, chancadoras cónicas, molinos de bolas, celdas de flotación, espesadores, filtros de tambor, filtros cerámicos, bombas *geho*, *warman*, *denver*, sumergibles, verticales, *goulds*, *winche* inclinado, etc.
- Revisión y seguimiento de la actualización y mejora de planes de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo de todos los equipos de planta concentradora en los diferentes talleres de mantenimiento (mantenimiento mecánico, eléctrico e instrumentación).
- Supervisión en campo en todos los frentes de trabajo que involucren al mantenimiento de la planta concentradora (aseguramiento de calidad).
- Inspector de calidad en soldadura, según ASME sección V aplicando END en los ensayos de PT, VT y UT.
- Colaborar con las expectativas de la empresa, realizando la supervisión de los proyectos, coordinando con los líderes de las contratadas, temas como los alcances, avance y temas de calidad en la ejecución.

- Revisión de la documentación utilizada en campo (órdenes de trabajo, Iperc, ATS – Análisis de trabajo seguro, etc.).
- Generación de informes mensuales y semanales hacia la gerencia según sea necesario.

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

2.1. Antecedentes o diagnóstico situacional

El día 29 de marzo del 2019, salió de operación la chancadora terciaria HP500 con el taj CH7, aproximadamente, a las 5:40 a. m., en el área de chancado terciario, fase 2, los eventos suscitados se observan en la siguiente línea de tiempo.

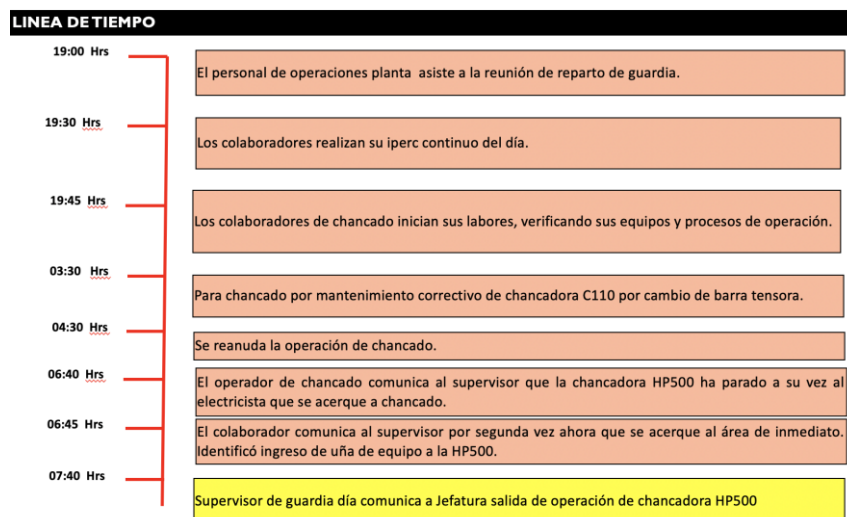


Figura 7. Línea de tiempo de falla de Chancadora Hp500

Una vez desmontada la chancadora se evidenció que una uña de excavadora había entrado al circuito de chancado violando los bloqueos del sistema de chancado como detector de metales y electroimán de la FT1 (faja transportadora 1); inmediatamente se revisó el *Head* de la chancadora (forro de *Head*) donde se visualizaron distintos puntos de impacto, por lo que, se presume que la uña había estado por mucho tiempo en la chancadora, así como la

deformación en el *Lower Head Bushing* producto del sobreesfuerzo del *Eccentric* y la ruptura del *Main Shaft* y las correas de transmisión.



Figura 8. Impacto de la uña de excavadora en el blindaje del Head

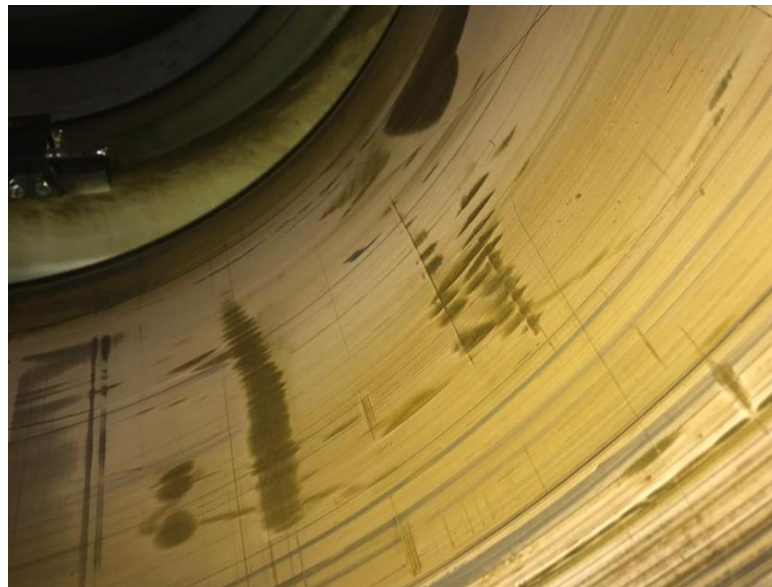


Figura 9. Impacto del eje excéntrico contra el buje del Head



Figura 10. Fractura de Main Shaft por fatiga e ingreso de inchacable



Figura 11. Fractura Main Shaft lado excéntrico

2.2. Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad profesional

En una junta con la gerencia general y las gerencias de operaciones de planta, mantenimiento y seguridad, se determinó que era más viable el cambio de toda la chancadora nueva existente en Perú, ya que el tiempo de llegada de importación de un *Main Shaft*, así como la ejecución del cambio sería mayor al cambio total de la chancadora nueva.

Para ello, se necesitó un profesional para llevar a cabo la planificación inmediata, así como la ejecución, seguimiento y el aseguramiento de la calidad en el proyecto Cambio de Chancadora HP500.

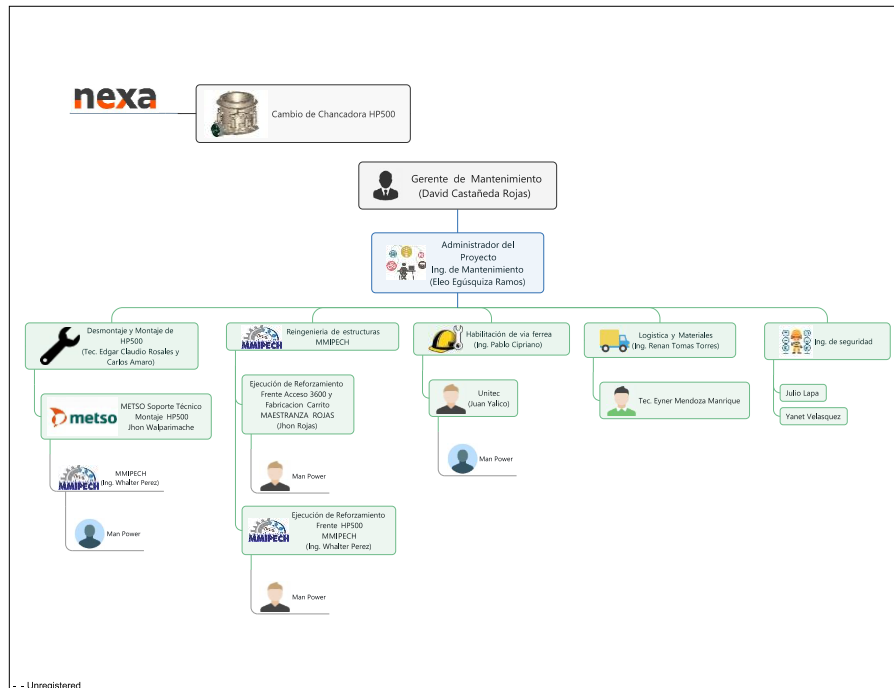


Figura 12. Cambio de Chancadora

2.3. Objetivos de la actividad profesional

Los objetivos del ingeniero de mantenimiento en el proyecto Cambio de chancadora HP500 son:

2.3.1. Objetivo general

Cambiar la chancadora cónica HP500 – chancado terciario de la planta concentradora de la unidad minera Atacocha – Nexa Resources.

2.3.2. Objetivos específicos

- Planificar el cambio de la chancadora HP500.
- Ejecutar el cambio de la chancadora según lo planificado con cero accidentes y cumpliendo los protocolos de montaje recomendados por el fabricante.
- Garantizar la puesta en marcha de la chancadora HP500, respetando los parámetros de fabricante.

2.4. Justificación de la actividad profesional

El proceso de chancado de la planta concentradora es importante porque disminuye el mayor consumo de energía invertida en la operación (molienda), cuando se obtiene una granulometría óptima, los molinos consumen menos energía y cascajo, por ello, se debe

garantizar la operatividad de los equipos del área de chancado, así mismo, es importante utilizar dispositivos de seguridad como detectores de metales y electroimanes.

2.5. Resultados esperados

- Se espera cumplir con la línea base del programa planificado en la ejecución del cambio de la chancadora HP500.
- Al finalizar el proyecto, los reportes de accidentes deben ser nulos.
- Se espera el cumplimiento en su totalidad de los protocolos de montaje recomendados por el fabricante.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. Bases teóricas de las metodologías o actividades realizadas

3.1.1. Chancado

El chancado es un circuito inicial para la obtención de concentrado de mineral, cuya función es la reducción de grandes trozos de rocas a fragmentos pequeños. Las chancadoras son las protagonistas de este circuito, generalmente trabaja en seco y se realiza en dos o tres etapas que son: chancadora primaria, secundaria y ocasionalmente terciaria.

La principal función del circuito de chancado es generar un producto de calidad granulométrica óptima para molienda, que es de 13 mm, para optimizar el consumo energético en molienda, así como disminuir la cantidad de cascajo y carga recirculante.

Las chancadoras son diseñadas para reducir el tamaño de las rocas, para obtener fragmentos que sean de menor tamaño según lo necesario por el proceso, la energía consumida en la chancadora es convertida en gran parte en calor y sonido; por lo general, la eficiencia de chancado es baja; esta eficiencia puede variar, porque la dureza, humedad, contenido de finos va aumentando la carga recirculante.

El circuito de chancado también cuenta con equipos como: zarandas vibratorias, fajas transportadoras, detector de metales, electroimanes y chutes.

El área de chancado contiene máquinas configuradas de manera serial, estas ejercen presiones entre elementos de gran capacidad a velocidades variables según sea el equipo en cuestión, la acción de chancar se aplica sobre la roca por un elemento móvil que se junta y se separa de un elemento fijo, la roca es sujeta y presionada entre estos dos elementos metálicos. Si las deformaciones de las rocas, producto del chancado producidas por las fuerzas aplicadas, no superan el límite elástico, entonces no se producirá el chancado. Por lo contrario, si se supera el límite elástico en los puntos donde se aplica la presión entre estos dos elementos (fijo y móvil) las que causan que la energía de deformación, corran hasta la superficie y las grietas se propaguen causando las fracturas de las rocas. Una vez que las rocas han sido fracturadas, los fragmentos caen según sea la medida del cierre entre elemento fijo y móvil hacia una faja transportadora que lo trasladará a una zaranda para su clasificación según la apertura de la malla utilizada, los finos que tienen la granulometría necesaria se destinan a molienda y los que no tienen aún la granulometría necesaria son destinados a la siguiente etapa de chancado o recirculan hasta obtener el producto en el tamaño necesario para tener una buena molienda.

Hay cuatro formas de reducir el tamaño de las rocas que son por compresión, impacto, deslizamiento y atrición (fricción) (3).

3.1.1.1. Impacto

Da referencia al golpe de un objeto moviéndose contra otro, cuando ambos objetos están en movimiento e impactan, se encuentra ante un impacto dinámico.

3.1.1.2. Fricción

Da referencia cuando hay reducción en el tamaño del material, por efecto de la fricción entre dos superficies más duras que el material procesado.

3.1.1.3. Deslizamiento

Es la reducción de tamaño del material por deslizamiento, consiste en el corte por hendiduras del material.

3.1.1.4. Compresión

En las chancadoras, por lo general, influyen las fuerzas de compresión, como refiere su nombre la chancadora por compresión entre dos superficies, frecuentemente, se usa este método en las chancadoras cónicas y de quijada.

Por lo general, los equipos usados para la trituración de mineral, usa de manera combinada los métodos descritos, donde la dureza y el origen del material tiene una importante participación. Además, hay rocas y minerales que tienen mayor dureza que otras, lo que conlleva a una mayor resistencia a la fractura.

En el procesamiento de minerales, una parte fundamental es el chancado, con la que se liberan los minerales valiosos incrustados en las rocas, así se preparan las superficies y el tamaño del material para fases posteriores en la planta de beneficio.

El tamaño del material de la operación de chancado en la planta concentradora Atacocha es considerada para chancado primario 2¼", secundario 25 mm y terciario 13 mm (3).

3.1.2. Gasto energético de planta concentradora

Como todos los procesos para obtención de concentrado de mineral, se requiere un elevado consumo energético, lo que tiene un gran impacto económico en el desarrollo de cualquier proyecto.

Una manera de optimizar el consumo energético es la eficiencia en el circuito de chancado, ya que depende del producto final el ahorro del consumo energético en molienda, cuando la granulometría es mayor aumenta la carga recirculante y, por ende, el tiempo de molienda.

A partir de esta fuerza se calcula el índice de trabajo (*Work Index Wi*), que entrega los kilovatios/t necesarios para realizar el proceso de la planta concentradora, desde el inicio del circuito hasta la obtención de concentrado y el transporte de su relave para su disposición final en la cancha de relaves (4).

3.1.3. Tamaño de trituración o chancado y selección de equipos

La trituración o chancado de mineral se ejecuta en dos fases principales, en las que necesitan maquinarias específicas para obtener la granulometría adecuada:

- Chancado grueso o primario.
- Chancado fino donde pueden comprender subetapas como chancado secundario, terciario y cuaternario (4).

3.1.4. Selección de chancadoras

Para determinar el tipo y tamaño de las chancadoras para cada fase se determina según las siguientes variables:

- Tonelaje a triturar
- Tamaño de material en alimentación
- Tamaño de material de salida
- Dureza de la roca matriz: se expresa en la escala de Mohs, es importante, ya que, dependiendo de esta variable, se hace la selección de los forros de las chancadoras.
- Tenacidad del material a triturar: se realiza una comparación con la tenacidad de la roca y de la caliza y se le asigna el índice 1.

Abrasividad: la presencia de sílice es la principal causante del desgaste de los equipos y es una variable importante a tomar en cuenta en la mantenibilidad de los equipos; según el porcentaje de sílice presente en la roca, la clasificación es:

Tabla 6. Clasificación de abrasividad según el porcentaje de sílice

Clasificación	Porcentaje de sílice (%)
Baja abrasión	< 0,05
Abrasiva	0,05 – 0,50
Muy abrasiva	0,5 – 1
Extremadamente abrasiva	> 1

Nota: tomada de Codelco Educa

- Humedad del material en el yacimiento minero, en el acarreo del mineral y en la planta, según las características climatológicas de la zona de explotación.
- Contenido de material fino y lama: el material con presencia de lama puede disminuir la permeabilidad, originando dificultad en la posterior percolación (4).

3.1.5. Equipos de trituración

Están clasificados, principalmente, en dos grupos:

- Chancadoras o trituradoras por compresión, estos equipos generan compresión en el material hasta que se fracture.
- Chancadoras o trituradoras por impactos, estos equipos utilizan como punto de partida el impacto para triturar el material (5).

3.1.5.1. Trituradoras por compresión

- **Trituradoras de quijada**

Por lo general se utilizan como maquinarias de trituración de fase primaria. Su función básica es transformar los bancos de rocas en material que pueda ser transportable hacia las fases posteriores para su respectivo tratamiento según la necesidad operativa.

La trituración se genera cuando el elemento mecánico fijo (muela fija) y elemento mecánico móvil (muela móvil) se juntan generando compresión entre los dos elementos mencionados. Los *liners* (forros) de la muela móvil están ensamblados en una base en la biela que tiene un movimiento oscilante y deben sustituirse periódicamente a causa al desgaste que se genera debido al trabajo.

- **Triturador de quijada de un solo efecto**

Este triturador posee un eje excéntrico. La rotación de este eje en sincronización con la placa basculante genera compresión entre los elementos mecánicos (5).

La trituración del material se lleva a cabo cuando una muela fija y una muela móvil se aproximan generando gran presión sobre el material. Los *liners* (forros) de la muela fija están montados en el *Frame* de la chancadora y de la muela móvil en un *Pitman* que es el elemento mecánico móvil de la chancadora, los forros deben reemplazarse periódicamente según un plan de mantenimiento debido al desgaste.

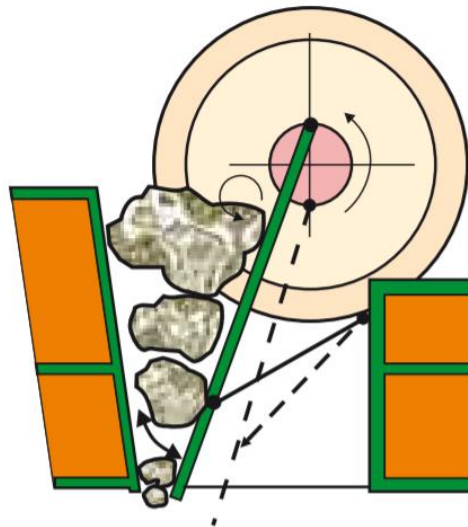


Figura 13. Trituradora de efecto simple

- **Triturador de quijada de efecto doble**

Este triturador tiene dos ejes, así como doble placa basculante. La trituradora, en la parte superior tiene el primer eje pivotante, mientras tanto el segundo eje es excéntrico y acciona las dos placas articuladas de manera conjunta. La muela móvil tiene un desplazamiento de vaivén hacia el elemento mecánico fijo (5).

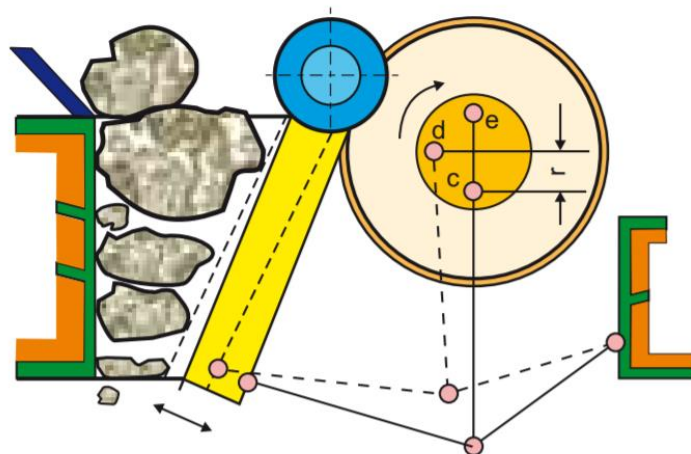


Figura 14. Trituradora de doble efecto

A consecuencia del movimiento natural de trituración se genera compresión al ingreso y en la descarga de material, por lo que, la trituradora de efecto simple tiene un óptimo desempeño operacional frente a las trituradoras de efecto doble de capacidades similares. La trituradora de quijada es una maquinaria robusta y confiable de funcionamiento simple y, por ello, muy

popular en las plantas de beneficio en la fase de trituración primaria de material (5).

- **Trituradoras cónicas y giratorias**

Estas trituradoras cuentan con un eje excéntrico. El material es reducido en tamaño en la cavidad cerrada de trituración entre un componente mecánico exterior que es fijo (*bowl*) y un componente interior móvil (manto) instalado en el conjunto mecánico llamado excéntrica que, a su vez, está montado en un eje llamado *Main Shaft*, la excéntrica esta accionada por un piñón-corona que genera el movimiento sobre el eje principal. El conjunto de la excéntrica genera que el manto se desplace de manera oscilante entre la posición de abertura de descarga que es el reglaje del lado abierto (RLA) y la posición de cierre que es el reglaje del lado cerrado (RLC). La excentricidad del eje es uno de los puntos más resaltantes para ver la capacidad de la trituradora cónica.

A causa de la compresión continuada que ocurre entre los forros alrededor de la cavidad cerrada de trituración se genera la fragmentación del material, además de esto existe una trituración adicional que se genera entre las partículas comprimidas y, como consecuencia, hay un menor desgaste en los *liners* (forros).

- **Trituradoras giratorias**

En la minería, frecuentemente, se usan en la primera fase de trituración. En comparación con las trituradoras cónicas secundarias, la trituradora cuenta con una cavidad donde se realiza la trituración más amplia para contener material de tamaño considerable en relación con el diámetro del manto. Es por eso que, el ángulo de la cabeza del cono es menor que el de una trituradora de cónica secundaria (5).

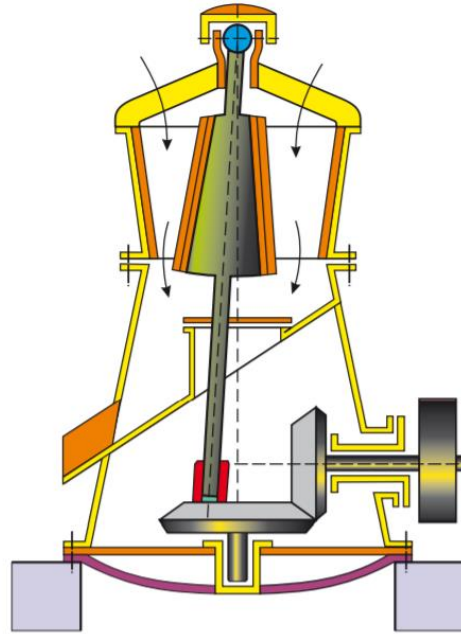


Figura 15. Trituradora giratoria

- **Trituradoras cónicas secundarias, terciarias y cuaternarias**

Son usadas en la trituración de material de granulometría intermedia y finos para conseguir un resultado con grano de buen formato cúbico. El material tratado en estas fases, previamente, debe ser procesado en las trituradoras primarias (5).

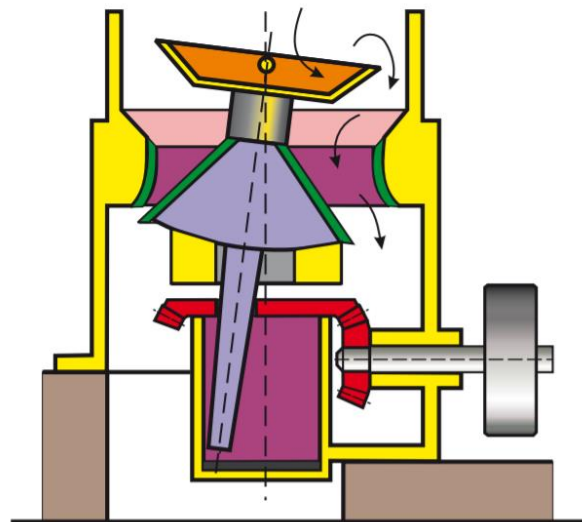


Figura 16. Trituradora de cono

3.1.5.2. Trituradoras de impactos

En el mercado se encuentran, por lo general, dos tipos (con el eje horizontal y el vertical) se distinguen por tener alta velocidad de reducción de

material y por generar un formato cúbico al producto final. Por lo general, se usa para trituración selectiva, un método que separa minerales duros del material estéril.

Las trituradoras de impacto están conformadas por un *Frame* de acero con un eje y un conjunto de rotor que están en el interior. La cantidad de elementos móviles son escasas en este tipo de equipos.

- **Trituradora de impactos de eje horizontal**

El principio de trituración es generado por los impactos a alta velocidad originados por los RPM del eje que transmite el movimiento rotacional de los martillos montados al rotor. El material resultante es retriturado dentro de la trituradora al impactar contra los forros en las paredes de la trituradora y entre ellas, teniendo como producto un material más fino y con formato óptimo (5).

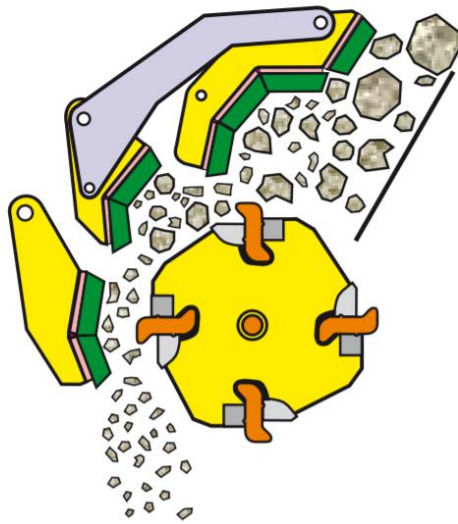


Figura 17. Trituradora de impactos de eje horizontal

- **Trituradora de impactos de eje vertical**

Considerados por muchos como «bombas de piedra», ya que tienen el principio de una bomba centrífuga. La alimentación es en el centro del rotor, donde es desplazado hasta una alta velocidad antes de ser descargado a través de aberturas en la periferia del rotor. La trituración se produce cuando el material impacta a gran velocidad contra los forros de la trituradora y también debido a la acción de chocar roca contra roca (5).

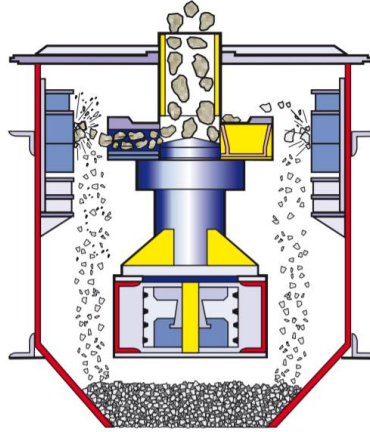


Figura 18. Trituradora de impactos de eje vertical

3.1.6. Tamaño del mineral chancado

En general, se recomienda no moverse en los extremos límites de trituración (máxima razón de reducción), sino considerar los valores medios propuestos por las tablas de los fabricantes de equipos.

Tabla 7. Graduación mínima de descarga para trituradoras Metso

Modelo de la trituradora	Tipo de Cámara	Graduación mínima de descarga recomendada
HP100	Extra Fina	4 mm (3/16")
	Mediana	6 mm (1/4")
	Gruesa	9 mm (3/8")
	Extra gruesa	13 mm (1/2")
		21 mm (13/16")
HP200 Convencional	Fina	13 mm (1/2")
	Mediana	16 mm (5/8")
	Gruesa	19 mm (3/4")
HP300 Convencional	Fina	14 mm (9/16")
	Mediana	17 mm (11/16")
	Gruesa	19 mm (3/4")
	Extra gruesa	25 mm (1")
HP400 Convencional	Fina	16 mm (5/8")
	Mediana	22 mm (7/8")
	Gruesa	25 mm (1")
HP500 Convencional	Fina	16 mm (5/8")
	Mediana	22 mm (7/8")
	Gruesa	30 mm (1-3/16")
HP200 Cabeza Curta	Fina	5 mm (3/16")
	Mediana	6 mm (1/4")
	Gruesa	10 mm (3/8")
HP300 Cabeza Curta	Fina	5 mm (3/16")
	Mediana	6 mm (1/4")
	Gruesa	10 mm (3/8")
HP400 Cabeza Curta	Fina	6 mm (1/4")
	Mediana	10 mm (3/8")
	Gruesa	10 mm (3/8")
HP500 Cabeza Curta	Fina	6 mm (1/4")
	Mediana	10 mm (3/8")
	Gruesa	10 mm (3/8")

Nota: tomada del Manual de instrucciones

3.1.7. Diseño de la trituración o chancado

Antes de que el material se lleve a la trituración o chancado, se recomienda realizar la clasificación del producto mediante barras Grizzly, segmentando en diferentes granulometrías, este proceso tiene ventajas tales como el aumento de la capacidad del equipo, evitar las dificultades que provocan los finos en las cámaras trituradoras (atascos) y la reducción del consumo de energía, permitiendo la obtención de un producto final con menos finos.

En el diseño de una trituración y en la perspectiva de reducir los costos de operación, principalmente de la trituración primaria, se deben tener en cuenta los siguientes factores:

3.1.7.1. Localización

Dada la ubicación de la mina y la planta, la trituradora (chancadora) se emplaza en el lugar en que la distancia económica entre estos dos puntos sea la mínima. Además, por aspectos de seguridad a las voladuras, el chancador primario se ha mantenido hasta hoy relativamente alejado de la mina. Sin embargo, se debe tener presente que el transporte del material ya triturado es menos costoso, debido a su menor volumen y menor impacto en las cajas de camiones. Asimismo, es más continuo que el material que viene de la mina. Por lo cual, sería más eficiente ubicar la chancadora primaria lo más próximo de la labor de minado e incluso en interior de mina (4).

3.1.7.2. Transporte del mineral a la trituración o chancado

Por lo general un 40 % de los costos de explotación minera a cielo abierto corresponden a fases de perforación, voladura y carguío, y que el 60 % restante corresponde al acarreo del material a la planta de beneficio (planta concentradora).

Está demostrado que el transporte en camiones, a pesar de su flexibilidad, es más costoso que el que se realiza por fajas transportadoras. Sin embargo, se debe tener presente que este último tipo de transporte encuentra su limitante en el tamaño del material. Por lo tanto, un transporte por cintas requiere la trituración o chancado en el yacimiento (4).

3.1.8. Tipos de plantas

3.1.8.1. Planta fija o estacionaria

Las plantas fijas o estacionarias de trituración permanecen en el lugar de la instalación durante gran parte de la vida del yacimiento. En estos casos, y en lo posible, esta debe localizarse cerca del yacimiento y en un nivel inferior respecto de la zona de extracción, para contar con un transporte descendente de los camiones cargados (4).

3.1.8.2. Planta semifija o semiestacionaria

Se instalan en faenas de periodos largos en las que se prevé la reubicación de la planta de trituración o chancado, de este modo, sus equipos y bases se construyen para ser individualmente desmantelados y transportados al nuevo lugar, aun cuando se pueda perder parte de los cimientos de apoyo. La nueva localización requiere de un acondicionamiento del lugar, incluyendo la construcción de nuevas fundaciones, lo que puede ocupar algún tiempo y provocar el cese temporal de producción (4).

3.1.8.3. Planta semimóvil o semiportátil

Este tipo de plantas se construyen por unidades (tolvas, trituradoras, cribas, etc.), las que se montan sobre plataformas o bases metálicas, para ser trasladadas con transportes especiales, a los que se les acoplan estas unidades móviles. La planta semimóvil o semiportátil requiere de cierta preparación del terreno y origina paralizaciones breves de producción (del orden de semanas) (4).

3.1.8.4. Planta móvil o portátil

Estas plantas van equipadas con un sistema de transporte integral. La mayoría son autotransportables y montadas sobre ruedas con cubierta de goma, zapatas de orugas o railes.

Debido a su excelente maniobrabilidad y su aceptable movilidad de traslado se localizan junto al rajo de la mina, para ser alimentadas directamente por el equipo de carga. Como se mueven frecuentemente, necesitan de un sistema adicional de transportadores flexibles que les permitan acoplarse al transporte general de la planta de concentración.

Hasta hace algo más de una década, el incremento de la movilidad del sistema estaba limitado por el tamaño de los equipos. Las primeras unidades móviles fueron pequeñas trituradoras para la producción de áridos en canteras.

Las grandes masas que poseen chancadores de cierta capacidad, la altura y las grandes fuerzas desarrolladas por las excéntricas, hacían difícil su adaptación a unidades móviles.

Sin embargo, los avances obtenidos en los diseños y en las nuevas técnicas de construcción han hecho posible que hoy en día existan trituradores móviles (4).

3.1.9. Mecanismos y máquinas

Un mecanismo es un dispositivo que transforma el movimiento en un patrón deseable y, por lo general, desarrolla fuerzas muy bajas y transmite poca potencia. Hunt define un mecanismo como un medio de transmisión, control o restricción del movimiento relativo. Una máquina, en general, contiene mecanismos que están diseñados para producir y transmitir fuerzas significativas. Algunos ejemplos comunes de mecanismos pueden ser un sacapuntas, un obturador de cámara fotográfica, un reloj análogo, una silla plegable, una lámpara de escritorio ajustable y un paraguas. Algunos ejemplos de máquinas que poseen movimientos similares a los mecanismos antes mencionados son un procesador de alimentos, la puerta de la bóveda de un banco, la transmisión de un automóvil, una niveladora, un robot y un juego mecánico de un parque de diversiones. No existe una clara línea divisoria entre mecanismos y máquinas. Difieren en su grado y no en su clase. Si las fuerzas o niveles de energía en el dispositivo son significativos, se considerará como una máquina; si no es así, será considerado como un mecanismo. Una definición útil de trabajo de un mecanismo es un sistema de elementos acomodados para transmitir movimiento de una forma predeterminada. Esta puede ser convertida en una definición de una máquina si se le agregan las palabras y energía después de la palabra movimiento.

Los mecanismos, si se cargan en exceso y funcionan a bajas velocidades, en ocasiones se pueden tratar de manera estricta como dispositivos cinemáticos; es decir, se pueden analizar cinemáticamente sin considerar las fuerzas. Las máquinas (y mecanismos que funcionan a altas velocidades), por otra parte, primero deben tratarse como mecanismos, sus velocidades y aceleraciones analizadas cinemáticamente y,

posteriormente, como sistemas dinámicos en los que sus fuerzas estáticas y dinámicas producidas por esas aceleraciones son analizadas mediante principios de cinética (6).

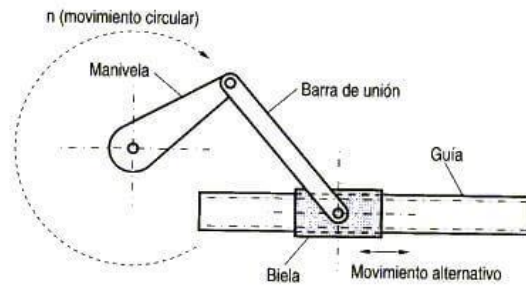


Figura 19. Mecanismo

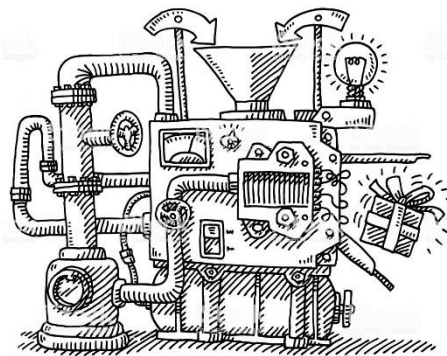
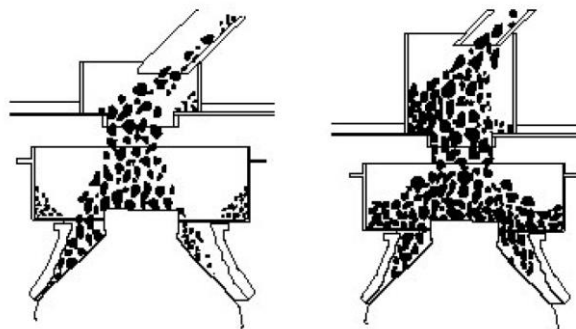


Figura 20. Máquina

3.1.10. Disposición de la alimentación

La eficacia máxima que resulte posible obtenerse de la trituradora dependerá directamente de la disposición de la alimentación. La trituradora podrá alcanzar su máxima eficacia exclusivamente si la alimentación se abastece en la cantidad correcta, distribuyéndose uniformemente alrededor de toda la cámara de la trituradora (7).



MÉTODO INCORRECTO DE ALIMENTACIÓN

MÉTODO CORRECTO DE ALIMENTACIÓN

Figura 21. Métodos de alimentación para una chancadora

Resultados de la distribución dispareja

- Capacidad restringida
- Producto de excesivo tamaño
- Demasiado movimiento del anillo de ajuste
- Máxima presión sobre los descansos
- Consumo máximo de energía

Resultados de la distribución pareja

- Máxima capacidad
- Producto infirme
- Movimiento mínimo del anillo de ajuste
- Presión mínima sobre los descansos
- Consumo mínimo de energía

3.1.11. Seguridad en plantas concentradoras

En todas las plantas concentradoras, las maquinarias en su mayor parte tienen elementos móviles en sus componentes principales, por lo que existen mayores potencialidades de accidentes producto de acciones y condiciones subestándar (4).

Recomendaciones generales que siempre deben ser consideradas según las reglas de oro de Nexa Resources:

3.1.11.1. Reglas de oro de Nexa Resources

- **Trabajo en altura**

Trabajos realizados en altura superior a 1.80 m requieren el uso de sistema de prevención de caídas y punto de anclaje aprobador para su uso (8).

- **Bloqueo y aislamiento de energías**

En el mantenimiento de equipos y maquinarias que tienen elementos móviles, energía potencial o conductores eléctricos; presentan riesgos de accidentes y se deben realizar siempre con energía cero y el equipo bloqueado (8).

- **Espacio confinado**

Estos trabajos deben ser ejecutados por profesionales con la capacidad y que cuenten con la autorización. También son obligatorias las herramientas

de gestión de liberación de emisiones tóxicas y siempre se debe contar con la presencia del vigía en la ejecución de toda la actividad (8).

- **Vehículos livianos y equipos móviles**

En la operación de equipos móviles pesados o livianos para todos los ocupantes del vehículo es obligatorio el uso del cinturón de seguridad. Durante la conducción o la operación, está prohibida la manipulación del teléfono celular. Todo conductor u operador está en la obligación de respetar los límites de velocidad según el área de influencia donde se encuentra (8).

- **Alcohol y drogas**

Está prohibido consumir y estar bajo los efectos de alcohol o drogas en las instalaciones o a servicio (8).

- **Caída de roca**

Todo ingreso a las labores de explotación y desarrollo siempre deberá ser posterior a ejecutar la inspección formal que asegure la ausencia de roca (8).

- **Cargas suspendidas**

En estos casos, siempre el equipo debe ser inspeccionado previamente, debe ser evidenciado en una hoja de *checklist* y debe ser liberado por el supervisor de los ejecutantes del trabajo, no debe haber ítems con observaciones. Las cargas críticas deben contar plan *rigger*, dentro de Nexa es cuando la carga es igual a 10 t o mayor. El área de trabajo donde se ejecutará la tarea debe estar aislada o señalizada (8).

- **Protección de máquinas**

La protección de todos los equipos en movimiento solo se puede retirar cuando estos se encuentren bloqueados, en estado de energía cero habiendo sido comprobada. Al finalizar todos los trabajos, se deben instalar las protecciones (guardas) y deben estar bien aseguradas para evitar que cualquier persona no autorizada pueda retirarla (8).

- **Sustancias químicas peligrosas**

Las sustancias químicas peligrosas se deben manejar siempre que el trabajador tenga puesto los Equipos de Protección Personal que cuenten con el

visto bueno de SSMA Nexa. Todas las sustancias químicas peligrosas deben estar en la lista maestra de productos autorizados (8).

- **Comunicación de accidentes**

Cualquier accidente, independiente de su gravedad, debe ser comunicado (8).

- **Autorización de trabajo**

Todas las actividades que implican riesgos críticos de seguridad, es obligatorio que todos los trabajadores involucrados tengan autorización formal (8).

- **Evaluación de riesgos**

Antes de cualquier actividad, se debe hacer una evaluación previa y formal de los riesgos a través de las siguientes herramientas: Análisis Preliminar de Riesgos (APR) para todas las actividades, con excepción de actividades de supervisión, inspecciones de área, visitas a las unidades y actividades administrativas; procedimientos para actividades rutinarias; PPT para actividades no rutinarias y de alto riesgo (8).

3.1.12. Terminología

Alimentación: la materia prima que vaya a triturarse.

Corazas, liners o forros: la coraza de la taza, el manto, la coraza del bastidor principal y la coraza del asiento del bastidor principal constituyen los miembros de la trituradora y, de costumbre, se les denomina corazas, *liners* o forros.

Cámara: el contorno interno que forma los dos miembros de trituradora.

Calibre de descarga: la distancia entre las secciones inferiores de los miembros de triturado, medida en el punto donde estos dos miembros de triturado se encuentren en su más estrecha relación durante el ciclo de giro. Este calibre de descarga regulará el tamaño del producto.

Capacidad: la descarga de la trituradora calculada en toneladas por hora.

MTTR: tiempo medio de reparación, representa el tiempo necesario para reparar un desperfecto hasta que la actividad del equipo se restablezca.

MTBF: tiempo medio entre fallas, representa el promedio del tiempo que transcurre entre dos desperfectos en un mismo equipo, cuanto más elevado sea el MTBF, más fiable es el funcionamiento del equipo.

Disponibilidad: es un indicador de mantenimiento con mayor posibilidad de manipulación, así mismo, es la confianza que se tiene de que el equipo funcione satisfactoriamente en un tiempo dado.

Costo por mantenimiento: es el precio pagado para conservar o restaurar un equipo a un estado de funcionamiento óptimo.

PITMAN: genera el movimiento de triturado en la chancadora de quijada.

MAIN FRAME: soporte del conjunto de chancadora cónica.

MAIN SHAFT: eje principal fijo donde se embona el eje excéntrico para generar el movimiento de triturado en la chancadora cónica.

CHUTE: tolva de descarga o alimentación.

Faja transportadora: sistema de transporte continuo.

Zaranda vibratoria: dispositivo de selección para partículas de granulometría variable.

Correas de transmisión: elementos de transmisión de potencia de material flexible.

Chancado: proceso con el que se disminuye el tamaño de las rocas.

Barra Grizzly: equipo de clasificación pasivo.

Electroimán: dispositivo formado por un núcleo de hierro dulce que se imanta por la acción de una corriente eléctrica que pasa por el hilo conductor bobinado en el mismo.

Detector de metales: sistema que permite identificar la presencia de metal en el área enfocada.

DDS: diálogo diario de seguridad.

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

4.1. Descripción de actividades profesionales

4.1.1. Enfoque de las actividades profesionales

Respecto al enfoque de las actividades profesionales, como ingeniero de mantenimiento mecánico se busca garantizar la disponibilidad de maquinarias y la integridad de los sistemas a través de la gestión efectiva de procesos y recursos, evitando, de esta manera, incidentes que puedan alterar el proceso de producción de la empresa Nexa Resources, Atacocha.

4.1.2. Alcance de las actividades profesionales

Como alcance de las actividades profesionales se tiene la planificación del cambio de chancadora HP500 que incluye:

- Planificación y seguimiento al cambio de chancadora HP500
- Aseguramiento de la calidad y seguridad en el proceso de cambio
- Desmontaje de chancadora malograda HP500 en la unidad minera Atacocha, para su posterior reemplazo.
- Desmontaje de chancadora en almacén HP500 en la unidad minera Casapalca, se desmonta el excéntrico y componentes adicionales para aliviar carga y facilitar el traslado.

- Traslado de chancadora en almacén HP500 de la unidad minera Casapalca hacia la unidad minera Atacocha.
- Montaje de chancadora operativa HP500 en la unidad minera Atacocha, prueba de funcionamiento en vacío y bajo carga.

4.1.3. Entregables de las actividades profesionales

Los entregables de la presente actividad profesional, incluyen los siguientes informes:

- Informe de servicio de cambio de chancadora Metso terciaria HP500
- Informe de servicio de desmontaje de chancadora HP500 Casapalca 1/4/2019.
- Informe de servicio de fabricación y montaje de estructura de izaje para montaje de chancadora HP500 13/4/2019.
- Análisis estructural estructuras de reforzamiento e izaje para cambio de chancadora HP500.

Todo esto se evidencia en el apartado de anexos.

4.2. Aspectos técnicos de la actividad profesional

4.2.1. Metodologías

Para garantizar el desarrollo efectivo de las actividades profesional en el procedimiento de cambio de chancadora cónica HP 500, se utilizó la norma norteamericana de gestión de proyectos titulada Guía de los Fundamentos para la dirección de Proyecto (Guía del PMBOK).

La guía del PMBOK contiene información para el desarrollo profesional de gerencia de proyectos, siendo esta una norma reconocida para la gerencia de proyectos en los Estados Unidos, ha sido incorporada como parte del conjunto de normas de la *American National Standard* con la denominación ANSI/PMI 99-001-2004. En la versión 2004 de la guía, describe que la finalidad principal es identificar el subconjunto de fundamentos de la dirección de proyectos generalmente reconocido como buenas prácticas.

Así mismo, se menciona que buenas prácticas no significa que los conocimientos descritos deban aplicarse siempre de manera uniforme en todos los proyectos. El equipo de dirección del proyecto es responsable de determinar lo que es apropiada para cada proyecto.

El PMBOK constituye una guía de métodos, herramientas y técnicas agrupadas en áreas de conocimientos con la finalidad de minimizar el riesgo de que un proyecto no alcance sus objetivos. Por ello, la metodología debe ser definido por cada organización de acuerdo a los intereses que tenga en materia de desarrollo de productos, servicios, estructura, misión y objetivos organizacionales.

4.2.2. Técnicas

Las técnicas usadas en la actividad profesional recaen en las habilidades de liderazgo como: comunicación, trabajo en equipo, gestión.

- **Comunicación**

La comunicación constante entre los colaboradores, el responsable y otros relacionados con la actividad profesional, fue fundamental para la culminación exitosa del cambio de chancadora HP 500.

- **Trabajo en equipo**

El trabajo en equipo favoreció al desarrollo de la actividad profesional, ya que se pudo obtener diferentes opiniones de las diferentes áreas respecto al cambio de chancadora HP 500.

- **Gestión**

Esta habilidad es la segunda más importante después de la comunicación, ya que se pudo conocer las capacidades y necesidades individuales de todos los responsables del procedimiento de cambio de chancadora HP 500.

- **Seguridad**

Garantizar la seguridad e integridad de los colaboradores y equipos dentro de cada una de las actividades realizadas para el cambio de chancadora HP 500.

- **Seguimiento**

El seguimiento refiere a la observación del avance desde el inicio hasta el final del proyecto.

4.2.3. Instrumentos

Los instrumentos necesarios para la ejecución del proyecto son:

- Hoja de identificación del triturador cónico HP500
- Dibujo de instalación TC HP500
- Manual de instrucciones TC HP500
- Cuaderno de piezas, Nordberg HP500

4.2.4. Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades

Tabla 8. Equipos y materiales

Ítem	Descripción	Und. de medida	Cantidad
1	Caja de herramientas	Und.	2
2	Llave Stilson N.º 10	Und.	6
3	Llave Stilson N.º 14	Und.	6
4	Llave Stilson N.º 18, 24	Und.	3
5	Llave francesa 15	Und.	3
6	Llave francesa 10	Und.	3
7	Llave francesa 12	Und.	8
8	Llaves mixtas 3/4 - 1 1/4	Und.	3
9	Cinzel plano y punta	Und.	6
10	Escobilla de acero - Broce	Und.	10
11	Alicate - alicate de corte	Und.	7
12	Arco de sierra	Und.	6
13	Martillo de 32 Oz	Und.	4
14	Martillo de 40 Oz	Und.	6
15	Flexómetro – 5 m	Und.	7
16	Barreta - Truper	Und.	6
17	Extintor – 6 kg	Und.	2
18	Extintor – 9 kg	Und.	1
19	Reflector 200 W	Und.	7
20	Juego de llaves mixtas 3/8 - 1 1/4	Und.	2
21	Tablero eléctrico	Und.	3
22	Tablero eléctrico	Und.	1
23	Pistola de impacto	Und.	2
24	Escalera plegable	Und.	6
25	Máquinas de soldar Miller	Und.	3
26	Máquinas de soldar	Und.	2
27	Eslinga Poliéster - VT	Und.	14
28	Grilletes (3/4 - 1 1/8)	Und.	14

30	Careta transparente	Und.	2
31	Cáncamo (M10 - M24), (3/8 - 1")	Und.	24
32	Amoladora	Und.	3
33	Combo - Truper	Und.	4
34	Cable de acero	Und.	4
35	Teclé 1T - 2T	Und.	4
36	Línea de vida retráctil	Und.	8
37	Juego de dados Stanley	Und.	1
38	Cable línea tierra 9.28 m - 4.78	Und.	2
39	Cable porta electrodo (14.8 m - 13.3 m)	Und.	2
40	Extensión monofásica 9 m-21.20 m -15.26 m	Und.	3
41	Extensión trifásica 21 m - 22.40 m	Und.	2
42	Conector múltiple	Und.	2
43	Extensión with conector Mul. 5.60 m	Und.	1
44	Kit de oxicorte	Und.	4
45	Juego de llaves Allen Stanley	Und.	2
46	Arnés	Und.	8
47	Juego de herramientas	Und.	1
48	Caja de herramientas - dado	Und.	1
49	Tenaza para electrodo	Und.	2
50	Destornillador plano y estrella	Und.	2
51	Kit de O-Ring hidráulico	Und.	1
52	Estrobo	Und.	8
53	Línea de vida, línea de vida acerada	Und.	2
55	Soga, 20 m y 15 m	Und.	2
56	Cadena 10 m	Und.	1
58	Sierra	Und.	3
59	Caja porta herramienta	Und.	1
60	Manta ignífuga	Und.	4
61	Dado 2-1/2, 2-3/16, 1-13/16	Und.	3
62	Boquilla de oxicorte	Und.	3
63	Llave de amoladora	Und.	2
64	Chisperos	Und.	4
65	Limpiador de boquilla	Und.	1
66	Escuadra de tope	Und.	2
67	Nivel 18",24"	Und.	3
68	Escalera tipo tijera	Und.	2
69	Teclé de 1.5 t, 2 t, 5 t, 10 t	Und.	12
70	Cutter	Und.	2
71	Tirfor	Und.	1
72	Teclé tipo ratchet	Und.	2

4.2.4.1. Relación de equipos de protección personal

La empresa proporcionó todos los equipos de protección personal para los trabajadores de los que se detalla el equipo mínimo para cada trabajador.

EPP general

- Uniforme enterizo color rojo con cintas reflectivas de acuerdo a la Norma ANSI.
- Casco protector de cabeza con tafilete *ratchet* de regulación.
- Respirador de silicona con filtro para polvo 2097 y gases
- Lentes de seguridad
- Tapones auditivos de silicona
- Guantes de badana
- Zapato de seguridad con punta de acero

Trabajos en caliente

- Ropa de cuero casaca y pantalón
- Escarpines de cuero
- Careta facial contra impacto
- Careta de soldar
- Lentes de oxicorte
- Guantes de caña larga

4.3. Ejecución de las actividades profesionales

4.3.1. Cronograma de actividades realizadas

1		Traslado Chancadora HP500 Casapalca - Atacocha	2.89 días	1/04/19 8:00 a. m.	2/04/19 6:40 p. m.
2		Desmontaje de Chancadora HP500 UM-CASAPALCA - día 1	0.88 días	1/04/19 8:00 a. m.	1/04/19 6:30 p. m.
3		Ingreso a Unidad Minera Casapalca	0.38 días	1/04/19 8:00 a. m.	1/04/19 12:30 p. m.
4		Inducción	2 horas	1/04/19 8:00 a. m.	1/04/19 10:00 a. m.
5		Ingreso de Herramientas y Equipos	2 horas	1/04/19 10:00 a. m.	1/04/19 12:00 p. m.
6		Movilización Área de Trabajo	0.5 horas	1/04/19 12:00 p. m.	1/04/19 12:30 p. m.
7		Herramientas de Gestión	0.1 días	1/04/19 12:30 p. m.	1/04/19 1:40 p. m.
8		Charla de Seguridad	10 mins	1/04/19 12:30 p. m.	1/04/19 12:40 p. m.
9		Rellenado de Herramientas de Gestión	0.5 horas	1/04/19 12:40 p. m.	1/04/19 1:10 p. m.
10		Revisión y liberación de Herramientas de Gestión	0.5 horas	1/04/19 1:10 p. m.	1/04/19 1:40 p. m.
11		Almuerzo	30 mins	1/04/19 1:40 p. m.	1/04/19 2:10 p. m.
12		Desmontaje de Chancadora HP500	0.36 días	1/04/19 2:10 p. m.	1/04/19 6:30 p. m.
13		Desmontaje de BOWL con unidad hidráulica	3 horas	1/04/19 2:10 p. m.	1/04/19 5:10 p. m.
14		Maniobra de izaje de BOWL con Grúa 18Tn. Hacia plataforma cama baja y aseguramiento.	1.33 horas	1/04/19 5:10 p. m.	1/04/19 6:30 p. m.
15		Desmontaje de Chancadora HP500 UM-CASAPALCA - día 2	0.97 días	2/04/19 7:00 a. m.	2/04/19 6:40 p. m.
16		Ingreso a Unidad Minera Casapalca	0.04 días	2/04/19 7:00 a. m.	2/04/19 7:30 a. m.
17		Movilización Área de Trabajo	0.5 horas	2/04/19 7:00 a. m.	2/04/19 7:30 a. m.
18		Herramientas de Gestión	0.1 días	2/04/19 7:30 a. m.	2/04/19 8:40 a. m.
19		Charla de Seguridad	10 mins	2/04/19 7:30 a. m.	2/04/19 7:40 a. m.
20		Rellenado de Herramientas de Gestión	0.5 horas	2/04/19 7:40 a. m.	2/04/19 8:10 a. m.
21		Revisión y liberación de Herramientas de Gestión	0.5 horas	2/04/19 8:10 a. m.	2/04/19 8:40 a. m.
22		Desmontaje de Chancadora HP500	0.83 días	2/04/19 8:40 a. m.	2/04/19 6:40 p. m.
23		Maniobra de izaje de MANTLE con grúa 18 Tn. Hacia plataforma cama baja.	1 hora	2/04/19 8:40 a. m.	2/04/19 9:40 a. m.
24		Desmontaje de contrapeso y Maniobra de izaje de contrapeso hacia plataforma cama baja.	3 horas	2/04/19 9:40 a. m.	2/04/19 12:40 p. m.
25		Desmontaje y maniobra de izaje de pistones Hidráulicos (Minimizar peso), hacia plataforma cama baja	4 horas	2/04/19 12:40 p. m.	2/04/19 4:40 p. m.
26		Instalación de Cuadro y soportería de FRAME HP500 en cama baja.	4 horas	2/04/19 12:40 p. m.	2/04/19 4:40 p. m.
27		Maniobra de izaje de frame metálico hacia plataforma, cama baja.	1.5 horas	2/04/19 4:40 p. m.	2/04/19 6:10 p. m.
28		Asegurar y arristrar los componentes sobre plataforma cama baja.	1.5 horas	2/04/19 5:10 p. m.	2/04/19 6:40 p. m.
29		Montaje Chancadora HP500 Alquilada en Chancado	16.17 días	3/04/19 2:00 p. m.	11/04/19 4:00 p. m.
30		Preparación de Frame HP500 de casapalca para izaje	2.08 días	3/04/19 2:00 p. m.	3/04/19 3:00 p. m.
31		Desmontaje del excéntrico y corona para aliviar peso de izaje en Frame.	9 horas	3/04/19 2:00 p. m.	3/04/19 11:00 p. m.
32		Desmontaje de componentes adicionales para izaje y traslado por el Winche Inclinado	8 horas	4/04/19 7:00 a. m.	4/04/19 3:00 p. m.
33		Traslado de HP500 Alquilada a Chancado	6.58 días	4/04/19 3:00 p. m.	7/04/19 10:00 p. m.
34		Izaje y traslado de FRAME HP500 Nueva hacia nivel 3600 (2 Scoop)	3 horas	4/04/19 3:00 p. m.	4/04/19 6:00 p. m.
35		Traslado por vía férrea de FRAME hacia planta - día 1	14 horas	6/04/19 7:00 a. m.	6/04/19 9:00 p. m.
36		Traslado por vía férrea de FRAME hacia planta - día 2	6 horas	7/04/19 7:00 a. m.	7/04/19 1:00 p. m.
37		Maniobra de ingreso de FRAME de vía férrea hacia planta.	9 horas	7/04/19 1:00 p. m.	7/04/19 10:00 p. m.
38		Montaje y Arranque de HP500 Alquilada	6.75 días	8/04/19 7:00 a. m.	11/04/19 4:00 p. m.
39		Montaje de Frame nuevo en Terclaria	15 horas	8/04/19 7:00 a. m.	8/04/19 10:00 p. m.
40		Ajuste y nivelación de FRAME	10 horas	8/04/19 10:00 p. m.	9/04/19 8:00 a. m.
41		Montaje de corona y excéntrica	10 horas	9/04/19 8:00 a. m.	9/04/19 6:00 p. m.
42		Montaje de contrapeso	4 horas	9/04/19 6:00 p. m.	9/04/19 10:00 p. m.
43		Montaje de SOCKET	6 horas	9/04/19 10:00 p. m.	10/04/19 4:00 a. m.
44		Montaje de Mantle	4 horas	10/04/19 4:00 a. m.	10/04/19 8:00 a. m.
45		Montaje de pistones hidráulicos	10 horas	10/04/19 8:00 a. m.	10/04/19 6:00 p. m.
46		Instalación del sistema hidráulico y pruebas Hidráulicas	10 horas	10/04/19 1:00 p. m.	10/04/19 11:00 p. m.
47		Montaje de BOWL	5 horas	10/04/19 11:00 p. m.	11/04/19 4:00 a. m.
48		Montaje de Chuts de carga.	5 horas	11/04/19 4:00 a. m.	11/04/19 9:00 a. m.
49		Prueba de funcionamiento en vacío.	3 horas	11/04/19 9:00 a. m.	11/04/19 12:00 p. m.
50		Prueba de funcionamiento con carga.	4 horas	11/04/19 12:00 p. m.	11/04/19 4:00 p. m.
51		Desmontaje - Chancadora HP500 Atacocha - Malograd	12.08 días	31/03/19 9:00 a. m.	6/04/19 10:00 a. m.
52		Desmontaje General de Chancadora HP-500	48 horas	1/04/19 7:00 a. m.	3/04/19 7:00 a. m.
53		Diseño y calculo estructural de reforzamiento de plataforma (Lado de chancadora)	7 horas	31/03/19 9:00 a. m.	31/03/19 4:00 p. m.
54		Calculo estructural de vigas a usar como puntos de izaje para maniobra de Frame HP500	7 horas	31/03/19 9:00 a. m.	31/03/19 4:00 p. m.
55		Reforzamiento de plataforma (Lado de chancadora) día 1	15 horas	1/04/19 7:00 a. m.	1/04/19 10:00 p. m.
56		Reforzamiento de plataforma (Lado de chancadora) día 2	15 horas	2/04/19 7:00 a. m.	2/04/19 10:00 p. m.
57		Reforzamiento de plataforma (Lado de chancadora) día 3	15 horas	3/04/19 7:00 a. m.	3/04/19 10:00 p. m.
58		Reforzo o acondicionamiento para usar estructuras vigas como puntos de izaje para maniobra de FRAME HP500 día 1	15 horas	1/04/19 7:00 a. m.	1/04/19 10:00 p. m.
59		Reforzo o acondicionamiento para usar estructuras vigas como puntos de izaje para maniobra de FRAME HP500 día 2	15 horas	2/04/19 7:00 a. m.	2/04/19 10:00 p. m.
60		Reforzo o acondicionamiento para usar estructuras vigas como puntos de izaje para maniobra de FRAME HP500 día 3	15 horas	3/04/19 7:00 a. m.	3/04/19 10:00 p. m.
61		Desmontaje de TR4 según secuencia de trabajo.	7 horas	1/04/19 7:00 a. m.	1/04/19 2:00 p. m.
62		Diseño y calculo estructural para fabricación de pata de gallo de punto de izaje para retiro de FRAME hacia vía férrea	7 horas	1/04/19 7:00 a. m.	1/04/19 2:00 p. m.
63		Fabricación y montaje de estructura (Pata de gallo) para retirar de FRAME hacia vía férrea. Día 1	8 horas	1/04/19 2:00 p. m.	1/04/19 10:00 p. m.
64		Fabricación y montaje de estructura (Pata de gallo) para retirar de FRAME hacia vía férrea. Día 2	15 horas	2/04/19 7:00 a. m.	2/04/19 10:00 p. m.
65		Fabricación y montaje de estructura (Pata de gallo) para retirar de FRAME hacia vía férrea. Día 3	15 horas	3/04/19 7:00 a. m.	3/04/19 10:00 p. m.
66		Desmontaje y Montaje de Tijerales según secuencia de maniobra (extracción de Frame hacia zona de vía férrea)	15 horas	4/04/19 7:00 a. m.	4/04/19 10:00 p. m.
67		Traslado por vía Férrea de planta hacia lugar de acceso grúa.	15 horas	5/04/19 7:00 a. m.	5/04/19 10:00 p. m.
68		Izaje con 2 Scoop para traslado hacia almacén.	3 horas	6/04/19 7:00 a. m.	6/04/19 10:00 a. m.

Figura 22. Cronograma del cambio de chancadora HP500

4.3.2. Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales

4.3.2.1. Proceso de gestión

Como parte del proceso de gestión se realizaron los diálogos diarios de seguridad (DDS), salud y medio ambiente, actividad que informa y sensibiliza a los trabajadores sobre la importancia de su seguridad en el centro de trabajo.

Los DDS están compuestos de los siguientes momentos:

- **Momento 1:** entrando en sintonía

En este momento se genera un clima de confianza con el equipo de trabajo, mediante preguntas, ejercicios de pausas activas o dinámicas grupales (8).

- **Momento 2:** ¿qué hicimos ayer para un día más sin accidentes?

Se comparte con el equipo de trabajo cuántas vidas se salvaron el día de ayer y que desvíos potenciales identificaron para prevenir y controlar los peligros a fin de evitar algún accidente potencial (8).

- **Momento 3:** tema del día

Se profundiza en el tema elegido para el día, con ejemplos situacionales, reglamentos de seguridad y finalmente como evitar los accidentes, entre los temas que se abordaron durante el proceso de cambio de la chancadora HP500 Atacocha se tiene: prevención de caídas al mismo nivel, percepción de riesgos, cuidado de dedos y manos, línea de fuego, autocuidado, herramientas manuales, fatiga y somnolencia, puntos ciegos de los equipos, rombo de seguridad (8).

- **Momento 4:** menú del día

Se comparte con el equipo las actividades planificadas para el día y la agenda del líder (8).

- **Momento 5:** comportamiento de la manera Nexa

Se comparte una acción o actividad del día a día referente al comportamiento de la manera Nexa (8).



Figura 23. Manera Nexa



Figura 24. Charla de seguridad

4.3.2.2. Desmontaje

Este proceso incluye el desmontaje de la chancadora cónica HP 500 malograda en la unidad minera Atacocha y el de la chancadora cónica HP500 operativa en la unidad minera Casapalca, estas actividades se realizaron simultáneamente para reducir el tiempo de parada en el área de chancado terciaria en la U. M. Atacocha.

Bastidor o Estructura Principal

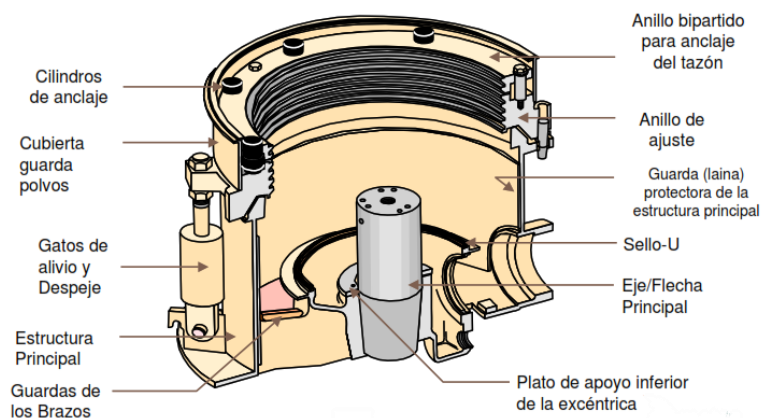


Figura 25. Partes de la estructura principal



Figura 26. Desmontaje de chancadora HP500



Figura 27. Retiro de chute de alimentación



Figura 28. Desmontaje de motor



Figura 29. Desmontaje del sistema hidráulico



Figura 30. Desmontaje de Bowl Liner



Figura 31. Desmontaje de Head

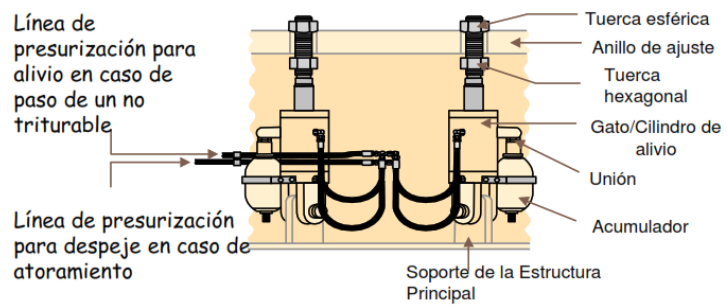


Figura 32. Ensamble de sistema hidráulico de alivio



Figura 33. Desmontaje de anillo de ajuste



Figura 34. Desmontaje de componentes hidráulicos de alivios de la chancadora HP500, mangueras y acumuladores

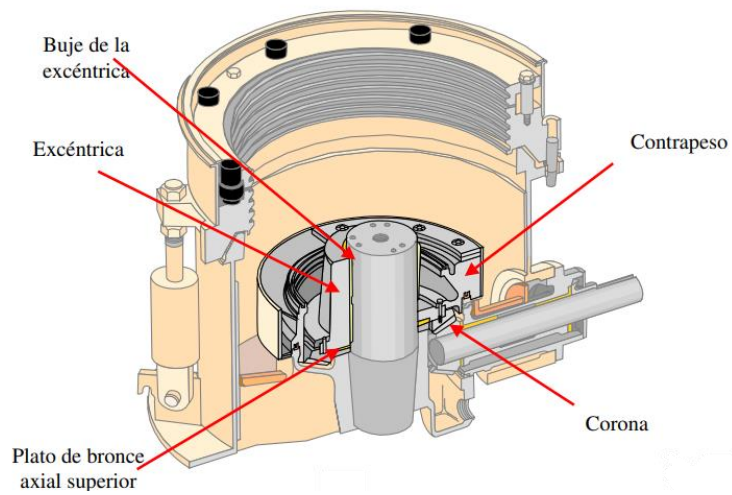


Figura 35. Conjunto de la excéntrica en la chancadora

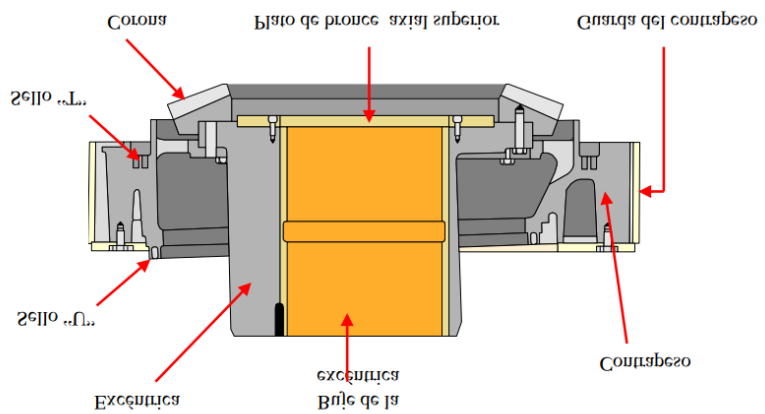


Figura 36. Conjunto de la excéntrica



Figura 37. Desmontaje de la excéntrica fracturada con todo el contrapeso

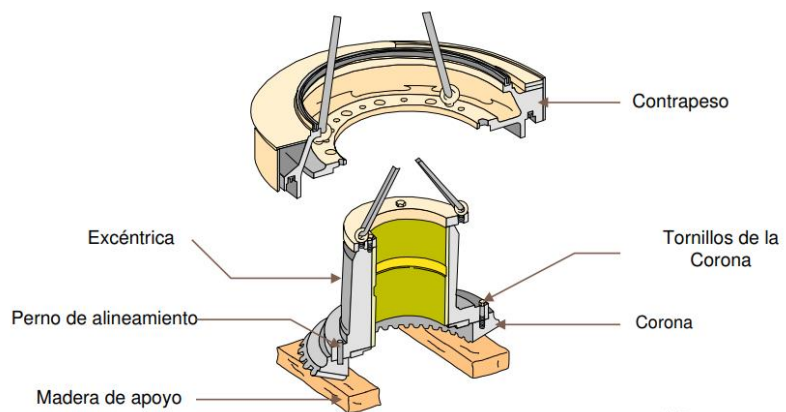


Figura 38. Desmontaje del contrapeso del conjunto de la excéntrica

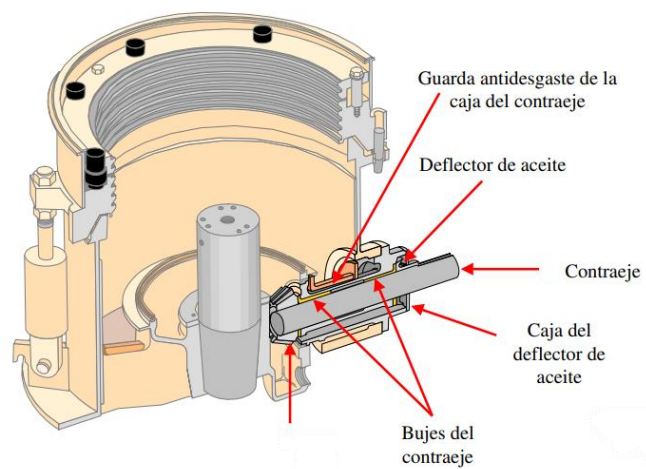


Figura 39. Conjunto de la caja del contraeje

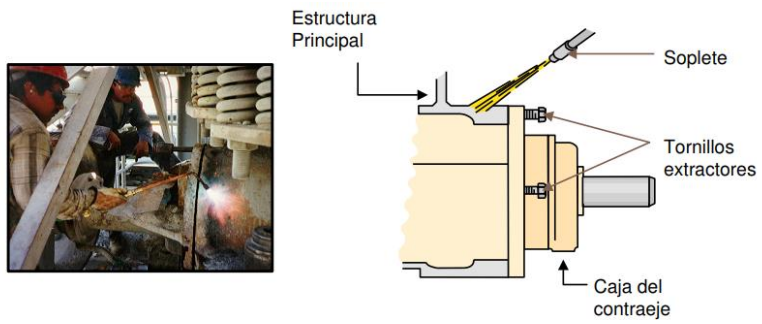


Figura 40. Desmontaje de la caja del contraeje



Figura 41. Desmontaje de contra eje

4.3.2.3. Traslado

El proceso de traslado comprende el transporte con cama baja, desde Casapalca hacia Atacocha.



Figura 42. Izaje del anillo de ajuste a la cama baja



Figura 43. Izaje cuerpo de chancadora HP500

4.3.2.4. Montaje

Actividades del montaje

- Nivelación de los puntos de apoyo de los *pats* de la chancadora.



Figura 44. Nivelación del base de concreto y grouting con laines

- Montaje de *Soleplate* de la chancadora.



Figura 45. Montaje de Soleplate HP500

- Montaje del *Main Frame* de chancadora HP500



Figura 46. Montaje de Main Frame

- Soldeo de las planchas bimetálicas para protección contra el desgaste del *Main Frame Liner*
- Montaje de conjunto contraeje

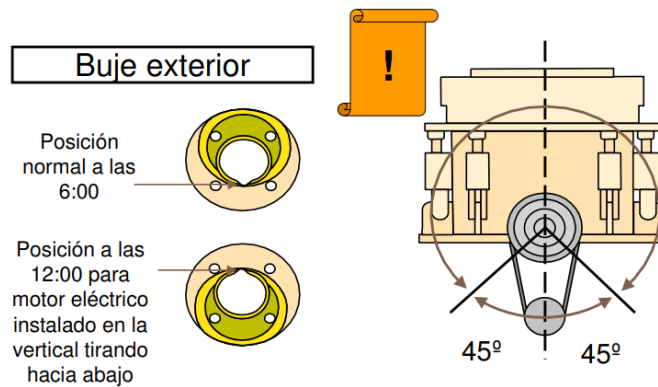


Figura 47. Consideración de la posición del buje exterior del contraeje, en este caso se considera la posición normal a las 6:00 ya que el motor estará de manera horizontal



Figura 48. Montaje de contra eje

- Montaje de conjunto de la excéntrica con el contrapeso montado.



Figura 49. Montaje excéntrica y contrapeso

- Montaje de *Socket* y *Socket Liner*

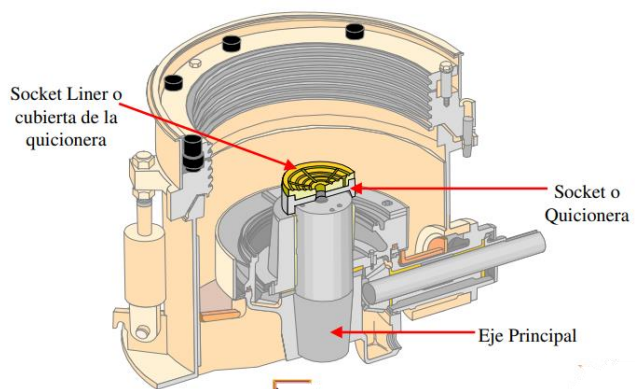


Figura 50. Instalación de socket y socket liner

Modelo	Temperatura por encima de temperatura ambiente
HP200 SX	80°C
HP300 SX	70°C
HP400 SX	70°C
HP500 SX	70°C

Figura 51. Especificación para la temperatura de calentamiento del socket para la instalación en el Main Shaft

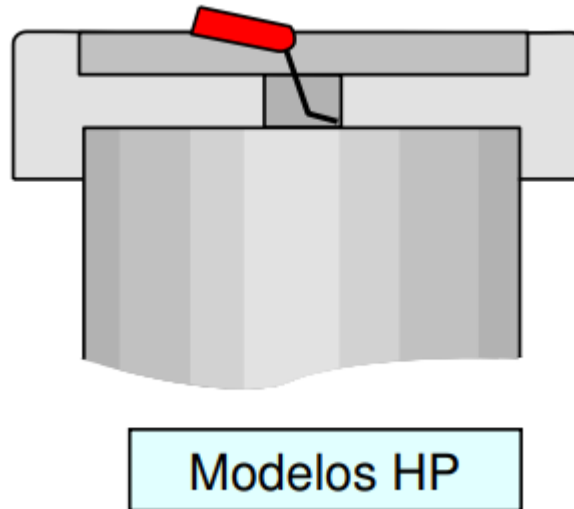


Figura 52. Verificación del asiento del socket, no debe haber luz entre el socket y el Main Shaft

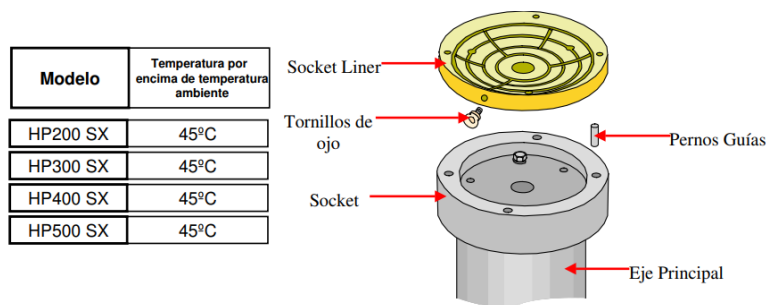


Figura 53. Especificación para la temperatura de calentamiento del socket liner para la instalación en el Main Shaft

- Montaje de gatos de alivio, anillo de ajuste y mangueras hidráulicas



Figura 54. Montaje de gatos de alivio y componentes hidráulicos

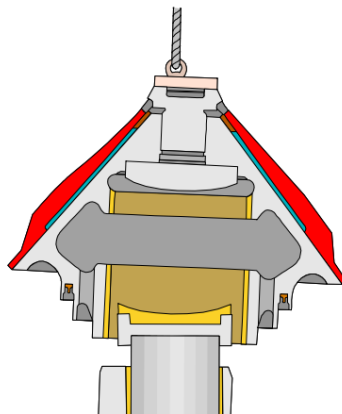


Figura 55. Montaje de anillo de ajuste en los gatos hidráulicos e instalación de catalina de ajuste



Figura 56. Instalación de mangueras hidráulicas

- Instalación del conjunto del Head



- Centre la cabeza con el socket.
- Desplace la cabeza hacia el lado grueso de la excéntrica y continúe bajando.

Figura 57. Proceso para la instalación del Head



Figura 58. Instalación de Head

- Instalación del conjunto *Bowl*

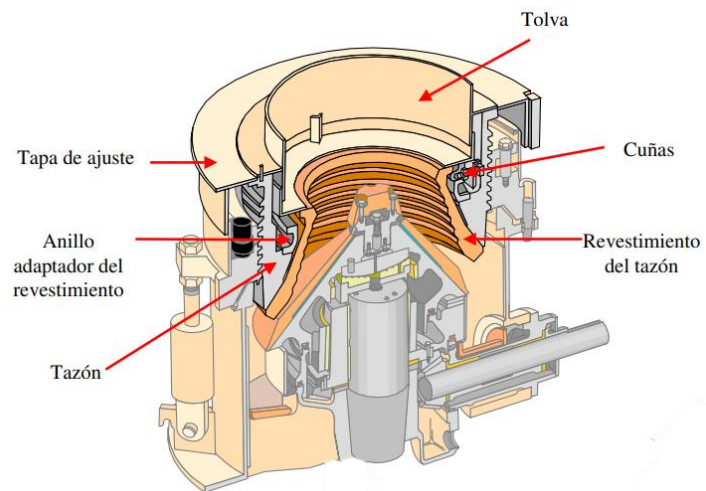
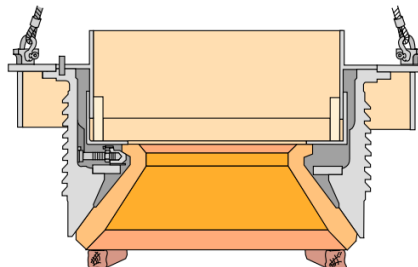


Figura 59. Partes principales del conjunto Bowl



NOTA: Una vez removido el ensamble del tazón, colóquelo sobre bloques de madera apoyándolo siempre en el revestimiento. Los bloques de madera nunca deben colocarse bajo el tazón.

Figura 60. Nota importante para la instalación de Bowl



Figura 61. Instalación de Bowl

- Instalación del chute de alimentación



Figura 62. Instalación de chute de alimentación

- Instalación del motor y fajas de transmisión



Figura 63. Montaje de motor



Figura 64. Instalación de fajas de transmisión



Figura 65. Instalación del sistema hidráulico del HPU

4.3.2.5. Pruebas

Para garantizar el correcto funcionamiento de la chancadora cónica HP500 en el área de chancado terciario, se realizan las pruebas hidráulicas, pruebas de funcionamiento en vacío y bajo carga.

- Pruebas entre corona y contraeje

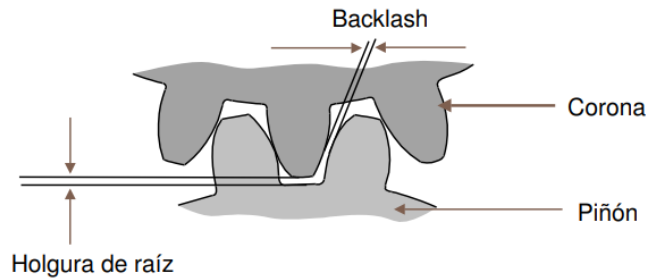


Figura 66. Backlash y holgura de raíz

Modelo	Backlash	Tolerancia		
		Actual	Min.	Max.
HP100	0.560 - 0.710	1.95	1.67	2.23
HP200	0.457 - 0.813	2.184	1.905	2.464
HP300	0.508 - 1.016	2.677	2.388	2.946
HP400	0.635 - 1.143	3.734	3.454	4.013
HP500	0.889 - 1.397	3.860	3.480	4.242

Figura 67. Backlash y holgura de raíz



Figura 68. Toma de medida Backlash, 0.95 mm



Figura 69. Presión de trabajo del sistema hidráulico de alta

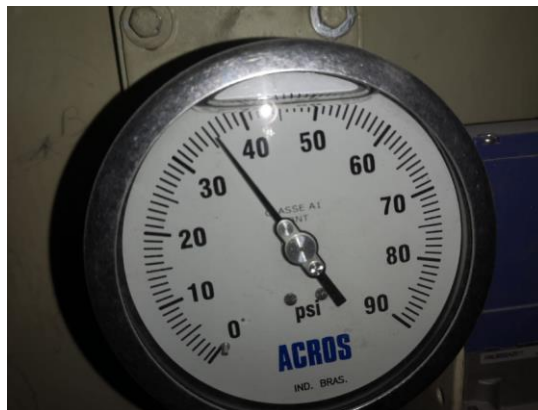


Figura 70. Presión del sistema hidráulico de baja lubricación



Figura 71. Temperatura de contraeje, trabajo en vacío

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. Resultados finales de las actividades realizadas

Se tiene la chancadora terciaria HP500 funcionando óptimamente dentro de los parámetros recomendados por el fabricante.

5.2. Logros alcanzados

- Se cumplió el tiempo planificado.
- Se culminó el proyecto sin accidentes.
- Reconocimiento por la gestión del proyecto Cambio de chancadora HP500.

5.3. Dificultades encontradas

En el proceso del proyecto se identificaron las siguientes dificultades:

- Desmontaje en campo de la chancadora en la U. M. Casapalca, sin unidad hidráulica acoplada.
- Maniobra de izaje del equipo por el peso.
- Ampliación de la vía férrea del acceso al área de chancado.
- Reforzamiento estructural para izaje de la carga.
- Maniobra de izaje en el área de chancado para el desmontaje y montaje del *Main Frame*.

5.4. Planeamiento de mejoras

5.4.1. Metodologías propuestas

Se proponen las siguientes metodologías:

1. Análisis predictivo UT (*ultrasonic testing*), para la verificación de la integridad del *Main Shaft* y la identificación temprana de las fisuras que se pueden encontrar.
2. Inspección de la sensibilidad del sistema de detección de metales.
3. Inspección de potencia del electroimán en las fajas de transporte, para aumentar la capacidad de carga de elementos metálicos.
4. Mejora del programa de inspección periódica del equipo.

5.4.2. Descripción de la implementación

Todas las metodologías mencionadas en el apartado 5.4.1, son programadas en el plan de mantenimiento predictivo y preventivo de la chancadora terciaria HP500 (anexo 7).

5.5. Análisis

Después de superar el problema por la ruptura del *Main Shaft* se implementan técnicas predictivas que ayudan a evaluar la vida útil de un componente crítico, de la misma manera, se realiza el efecto de cascada para componentes de similar funcionamiento en otros equipos, vale decir chancadora CH660.

Se refuerza el programa de inspección ejecutado por la contrata y se hace seguimiento estricto al programa de cambio de componentes y activos de la planta concentradora.

5.6. Aporte del bachiller en la empresa

Los aportes del bachiller:

- Planificación del proyecto Cambio de chancadora HP500
- Seguimiento en el precomisionado, comisionado y *start up* en el cambio de chancadora HP500.
- Coordinación de los trabajos programados con los residentes de las distintas empresas de servicios terciarios involucrados en el proyecto.

- Coordinación con la empresa de transportes de carga sobre el traslado de la chancadora HP 500 operativa desde la unidad minera Casapalca hacia Atacocha.
- Aseguramiento de la calidad y seguridad durante todo el proyecto (verificación de protocolos de montaje del equipo recomendado por el fabricante, verificación de la calidad de soldadura para el reforzamiento de las estructuras de soporte: WPQ (*Weelding Proces Quality*) WPS Y PQR, así como la inspección mediante PT (tintes penetrantes).
- Informes de avance diarios.

CONCLUSIONES

1. Se cumplió el cambio de chancadora cónica HP500 en el área de chancado terciario de la planta concentradora de la unidad minera Atacocha, Nexa Resources, permitiendo la continuidad de la producción diaria con el menor impacto a la productividad planificada.
2. A pesar de la limitación de tiempo de respuesta para la planificación, se realizó una estimación de tiempos muy acertadas a la realidad en base a la experiencia del equipo de trabajo.
3. El cambio de la chancadora HP500 se ejecutó sin accidentes y cumpliendo los protocolos de montaje, debido a que tuvo como pilar principal el trabajo de un equipo multidisciplinario, ya que cada uno de los responsables contaban con experiencia sobre lo encomendado por el administrador de proyecto.
4. Se realizó la puesta en marcha de la chancadora HP500 logrando los parámetros recomendados por el fabricante como: parámetros de montaje de componentes, presión hidráulica nominal y temperatura del contraeje.

RECOMENDACIONES

1. Es recomendable realizar capacitaciones periódicas en la operación y mantenimiento de los equipos críticos, sensibilizar al personal sobre la importancia de la clasificación de los inchancables.
2. Se recomienda cumplir estrictamente los programas de mantenimiento preventivo a los equipos detectores de metales, así como los electroimanes para garantizar su correcto funcionamiento.
3. Implementar el mantenimiento predictivo de PT (tintes penetrantes) y UT (ultrasonido) para garantizar la integridad del *Main Shaft*, ya que es un componente principal de la chancadora HP500.
4. Las inspecciones periódicas, así como los que salen de la ejecución de mantenimientos predictivos y los correctivos deben servir para el PMO (optimización del plan de mantenimiento), ya que es clave para el ciclo de mejora continua dentro del esquema de gestión de mantenimiento.

LISTA DE REFERENCIAS

1. **Nexa Resources Atacocha S. A. A.** *Memoria Anual Nexa* 2018. 1 Lima, Perú : s.n., 26 de febrero de 2019.
2. **Nexa Resources Perú.** *Memoria anual* 2019. Lima, Perú : s.n., 19 de febrero de 2020.
3. **Mineria, Yo.** *Metalurgia extractiva*. [En línea] [Citado el: 2019 de diciembre de 18.] Blog. <https://yomineria.jimdofree.com/metalurgia-extractiva/conminucion/chancado/>
4. **Chile, Codelco.** *Codelco Educa*. [En línea] 2018. [Citado el: 18 de diciembre de 2019.] https://www.codelcoeduca.cl/codelcoeduca/site/artic/20190109/asocfile/20190109004934/chancado_media_t_cnico_060119.pdf
5. **Metso Minerals.** Manual de trituración y cribado. 3 s.l. : Metso Expect Results, 2008.
6. **Norton, Robert.** *Diseño de maquinaria - Síntesis y análisis de máquinas y mecanismos*. Cuarta. México : McGraw-Hill, 2009. 0-07-312158-4.
7. **Minerals, Metso.** *Manual de instrucciones*. 2007. págs. 24,30, Manual.
8. **Complejo Minero Pasco - Nexa.** *Diálogo diario de seguridad, salud y medio ambiente*. Pasco : s.n.

ANEXOS

Anexo 2

Informe de servicio N.º 029-PC-OPSE

	FORMATO	Código : PC-OP-FO-02
	INFORME DE SERVICIO ESPECIALIZADO	Versión : 01
		Página : 1 de 15

INFORME DE SERVICIO CAMBIO DE CHANCADORA METSO TERCIARIA HP 500

INFORME N° 029-PC-OPSE



nexa

NEXA RESOURCES

ATACOCHA S.A.A.

DISCIPLINA: SERVICIO ESPECIALIZADO

PARA : Ing. Edgard Abelardo Figueroa Díaz
Jefe de Mantenimiento Planta Nexa Resources Atacocha
S.A.A.

DE : Ing. Walter M. Pérez Charri
Gerente de Operaciones MMPECH.

FECHA : 10/05/2019

Anexo 3

Informe de servicio N.º 026-PC-OPSE

	FORMATO	Código : PC-OP-FO-02
	INFORME DE SERVICIO ESPECIALIZADO	Versión : 01
		Página : 1 de 17

**INFORME DE SERVICIO DE DESMONTAJE CHANCADORA
HP500 CASAPALCA 01/04/2019**

INFORME N° 026 – PC – OPSE



nexa

NEXA RESOURCES

ATACOCHA S.A.A.

DISCIPLINA: SERVICIO ESPECIALIZADO

PARA : Ing. Edgard Figueroa Díaz
DE : Ing. Walter M. Pérez Charri.
Gerente de Operaciones MMIPECH.
FECHA : 12/06/2018

Informe de SERVICIO DE DESMONTAJE EN CASAPALCA

Anexo 4

Informe de servicio N.º 027-PC-OPSE

	FORMATO	Código : PC-OP-FO-02
	INFORME DE SERVICIO ESPECIALIZADO	Versión : 01
		Página : 1 de 17

INFORME DE SERVICIO DE FABRICACION Y MONTAJE DE ESRUCTURAS DE IZAJE PARA MONTAJE DE CHANCADORA HP500, 13/04/2019

INFORME N° 027 – PC – OPSE



NEXA RESOURCES

ATACOCHA S.A.A.

DISCIPLINA: SERVICIO ESPECIALIZADO

PARA : Ing. Edgard Figueroa Díaz
DE : Ing. Walter M. Pérez Charri.
Gerente de Operaciones MMIPÉCH.
FECHA : 12/06/2018

Informe de SERVICIO DE FABRICACION Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS DE REFUERZO Y DE
IZAJE PARA FRAME CHANCADORA HP500.

Anexo 5

Informe de servicio N.º 00-PC-OPSE

	FORMATO	Código : PC-OP-FO-02
	INFORME DE SERVICIO ESPECIALIZADO	Versión : 01
		Página : 1 de 17

INFORME DE SERVICIO DE PARADA DE PLANTA 18-12-2018

INFORME N° 00 – PC - OPSE



NEXA RESOURCES

ATACOCHA S.A.A.

DISCIPLINA: SERVICIO ESPECIALIZADO

PARA :
DE : Ing. Walter M. Pérez Charri.
Gerente de Operaciones MMIPECH.
FECHA : 18/12/2018

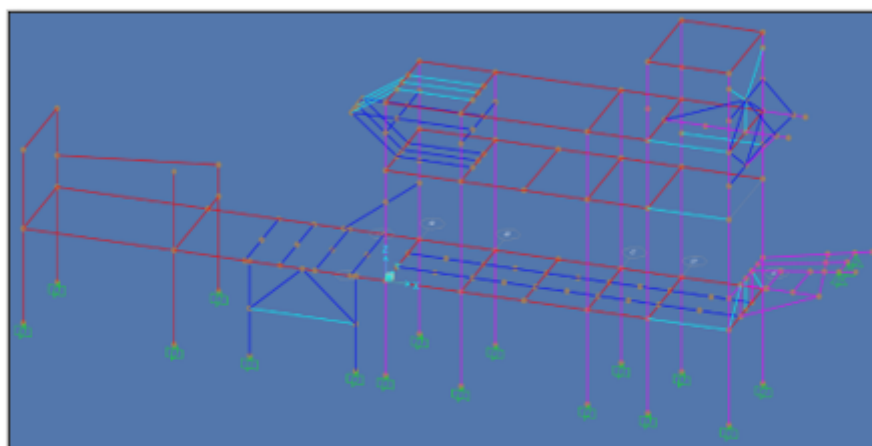
Informe de SERVICIO DE DESMONTAJE EN CASAPALCA

Anexo 6
Memoria de cálculo N.º 004

	MEMORIA DE CÁLCULO	Mem. De cálculo: 004
		Fecha de emisión : 08/04/19
		Página : 1 de 7

ANÁLISIS ESTRUCTURAL

**ESTRUCTURAS DE REFORZAMIENTO E IZAJE PARA
CAMBIO DE CHANCADORA HP500**



MEMORIA DE CÁLCULO

DISCIPLINA: ESTRUCTURAS

Aprobado por: Ing. Eduardo Tenorio López

Cliente: NEXA RESOURCES – CIA MINERA ATACOCHA

REV	ELABORADO	REVISADO	EMITIDO PARA	FECHA	CHK'D
A	J. Chávez	E. Tenorio	Revisión Interna	08/04/2019	Eduardo Tenorio López CIP 207581
B	J. Chávez	E. Tenorio	Revisión y comentarios del cliente	08/04/2019	Eduardo Tenorio López CIP 207581

Comentarios:

Descargo de Responsabilidad:

Este documento ha sido elaborado en base a las buenas prácticas de MMIPÉCH S.R.L. El uso y aplicación de este documento se limita al propósito y alcance establecido en el mismo. Este documento sólo adquiere valor oficial cuando está firmado y ha sido emitido por la empresa. Las copias duras controladas llevarán un sello azul de documento controlado en todas sus hojas, y las copias digitales controladas sólo estarán disponibles en el Sistema de Gestión Documental de MMIPÉCH S.R.L.

nexa

Anexo 7

Inspección de *Main Shaft* Técnica NDT



Energía y Mantenimiento
Unidad Minera Atacocha

INSPECCION ULTRASONICA

OBJETIVO:

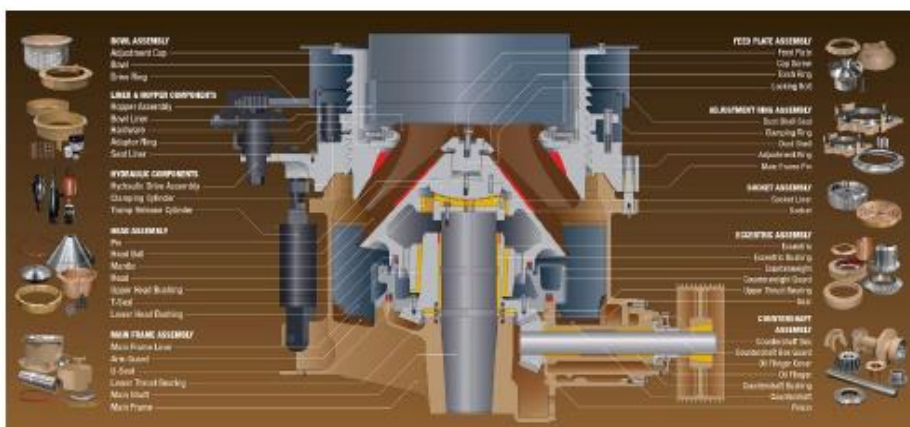
Realizar inspecciones con Técnicas de Ultrasonido para detectar fisuras en los ejes principales de la Chancadora Cónica producidas por condiciones operativas:

- Mala distribución de carga sobre la cabeza provocando efecto palanca en el eje.
- Desajustes y Ajustes de componentes con mal procedimiento.

EQUIPOS INVOLUCRADOS:

Involucran a los ejes principal (MAIN SHAFT) de la Chancadora Secundaria

Terciaria Nordberg HP500 Serie



**CHANCADORATERCIARIA HP500
INSPECCION ULTRASONICA**



PANAMETRICS - EPOCH4

Método: Haz Normal

Rango :2000 milímetros

Velocidad : 5900 m/s

Frecuencia : 2.25 MHz

Angulo de Refracción 0°

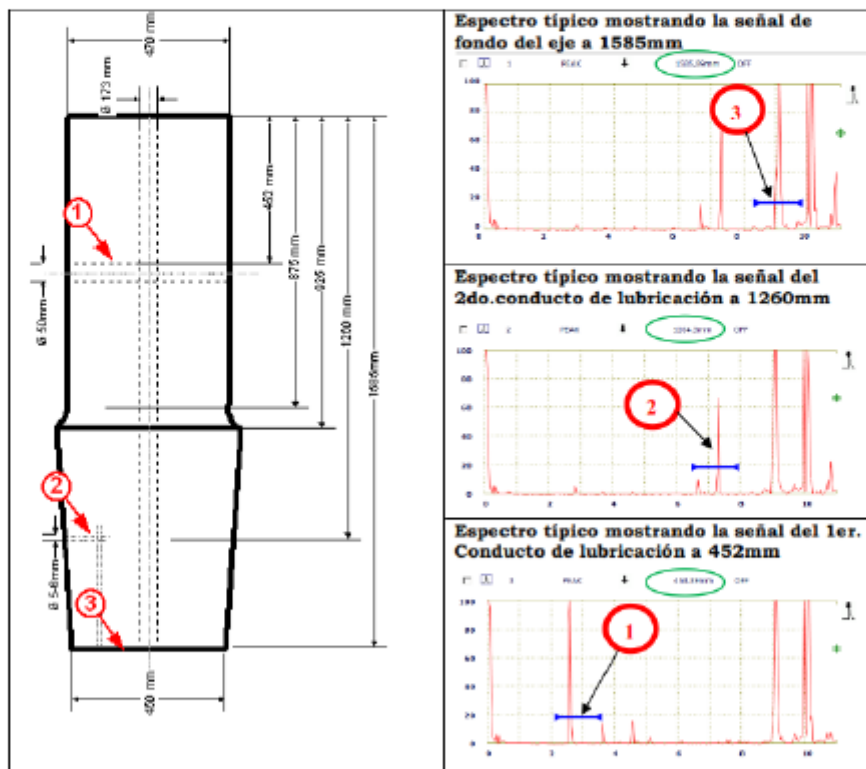
Nivel de Ganancia: 70 dB

Nota:

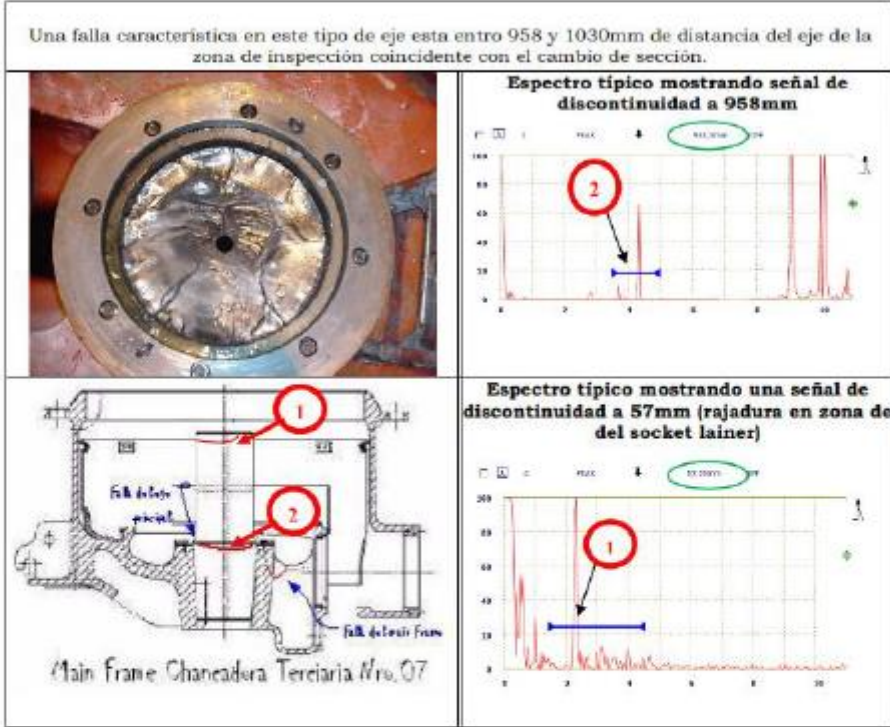
Distancia común de Falla es entre 950

@1030mm y 57mm

SEÑALES CARACTERÍSTICAS DE UN EJE NORMAL (HP500)



SEÑALES CARACTERÍSTICAS DE UN EJE CON RAJADURAS (HP500)



Anexo 8

Flow Sheet trituración

