

PROYECTO FONDEF DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

INFORME FINAL

TÍTULO DEL PROYECTO: HERRAMIENTA DE PREDICCIÓN DE INDICADORES DE DISPONIBILIDAD PARA GESTIÓN DE ACTIVOS MINEROS

CÓDIGO DEL PROYECTO: CA13I10121

FECHA DE EMISION: 30/08/2016

FIRMA DEL (DE LA) DIRECTOR(A) DEL PROYECTO
GONZALO PEDRO ACUNA LEIVA

I. Acta De Término Del Proyecto

1.1 Identificación del proyecto

TITULO DEL PROYECTO	HERRAMIENTA DE PREDICCIÓN DE INDICADORES DE DISPONIBILIDAD PARA GESTIÓN DE ACTIVOS MINEROS
CÓDIGO FONDEF	CA13I10121
DIRECTOR(A) DEL PROYECTO	GONZALO PEDRO ACUNA LEIVA
INSTITUCIÓN(ES) BENEFICIARIA(S)	UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE
EMPRESA Y OTRAS ENTIDADES ASOCIADAS	DIRECTIC SOLUCIONES TECNOLOGICAS

1.2 Ejecución del proyecto

FECHA DE TOMA DE RAZON POR LA CONTRALORÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA	10/12/2013
DURACIÓN CONTRACTUAL	24
FECHA EFECTIVA DE INICIO	03/03/2014
FECHA EFECTIVA DE TÉRMINO	03/07/2016
DURACIÓN EFECTIVA	28

1.3 Plan de Continuidad

Nombre Institución Beneficiaria	Nombre Representante Legal	Firma
UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE	JUAN MANUEL ZOLEZZI CID	Firma Electrónica

1.4 Tabla de Conformidad

Nombre Institución Empresa u Otra Entidad Socia	Nombre Representante Legal	Documento conformidad
DIRECTIC SOLUCIONES TECNOLOGICAS		Si
DIRECTIC SOLUCIONES TECNOLOGICAS		Si

II. Informe Ejecutivo

2.1 Resumen Ejecutivo

Versión en Castellano

La flota de equipos mineros pesados corresponde al activo más importante de la industria minera, la administración de este activo está bajo la dirección de lo que se denomina Gestión de Activos. Esta área busca optimizar cada uno de sus procesos, en términos económicos y en términos productivos. Los presupuestos de mantenimiento de estos activos son de los más altos y contribuyen en buena parte del costo de producción. Uno de los factores que influye directamente es la precisión de los planes de mantenimiento, los cuales hoy día se basan en un análisis sencillo de la historia de estos indicadores. Contar con una herramienta que permita predecir estos indicadores, de los cuales el de disponibilidad es uno de los más relevantes, permitirá contar con planes de mantenimiento más acertados, lo que influirá directamente en la productividad de los equipos mineros pesados. En este Proyecto se propone elaborar una herramienta predictiva de la disponibilidad de un activo minero como la flota de palas en faenas de extracción, elaborando modelos dinámicos mediante el uso de redes neuronales y support vector machine, contando con información histórica de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de los equipos.

Versión en Ingles

The fleet of heavy mining equipment corresponds to the most important asset of the mining industry, the management of this asset is under the direction of what is called Asset Management. This area seeks to optimize each of its processes, in economic terms and in terms of production. Maintenance budgets of these assets are of the highest and contribute to much of the cost of production. One factor that directly influences is the precision of maintenance plans, which today are based on a simple analysis of the history of these indicators. Having a tool that can help predicting these indicators, of which the availability is one of the most important, will allow for more accurate maintenance plans, which will directly influence the productivity of heavy mining equipment. This project aims to develop a predictive tool availability of a mining asset and the fleet of shovels tasks extraction, developing dynamic models using neural networks and support vector machine, from historical information of availability, reliability and maintainability of the heavy equipment

2.2 Cuadro De Sintesis de Resultados y Objetivos

Objetivos Generales	
Nombre Objetivo	OBJETIVO GENERAL
Descripción	Utilizar herramientas de la Inteligencia Computacional (Redes Neuronales, Support Vector Machine) para elaborar modelos predictivos de indicadores de disponibilidad en el proceso de mantenimiento de equipos mineros pesados.

Objetivos Específicos	
Nombre Objetivo	OBJETIVO ESPECIFICO 1
Descripción	Depurar una base de datos etiquetados y confiables que permitan la elaboración de los modelos.
Nombre Objetivo	OBJETIVO ESPECIFICO 2
Descripción	Establecer un conjunto mínimo de variables dependientes, relacionadas con confiabilidad y mantenimiento así como con el monitoreo de condiciones y la información en línea de los equipos, que permitan una correcta predicción de la disponibilidad.
Nombre Objetivo	OBJETIVO ESPECIFICO 3
Descripción	Desarrollo y validación de modelos predictivos de índices de disponibilidad utilizando herramientas de la inteligencia computacional.
Nombre Objetivo	OBJETIVO ESPECIFICO 4
Descripción	Elaboración y validación de un sistema prototipo para predicción de índices de disponibilidad para un tipo específico de equipamiento minero.

RESULTADO	
Tipo	Resultado de Producción
Nombre	Prototipo de modelo predictivo de disponibilidad
Descripción	Este resultado se presenta en la forma de una interface básica de usuario conteniendo algoritmos desarrollados con herramientas de inteligencia computacional que constituyen un modelo dinámico para la predicción de disponibilidad de activos físicos en minería. Tanto la interfaz como los algoritmos serán elaborados en algún lenguaje orientado a objeto -e.g. Java- aunque los desarrollos serán realizados utilizando programas como Matlab, Neurosolutions, Phython y otros. Mediante la interface el usuario puede escoger, en modo entrenamiento, la información histórica que servirá para el entrenamiento del modelo. En modo predicción podrá escoger el horizonte de tiempo de dicha predicción. Actualmente, esta labor no es realizada para la gestión de este tipo de activos mineros por lo que este sistema agrega una información muy valiosa para mejorar dicha gestión. Esta herramienta permitirá mejorar la planificación de la mantención de activos incorporando el manejo de situaciones no previstas en la planificación a priori considerando el manejo de la información histórica.

Descripción del Logro

El Prototipo de Predicción de Disponibilidad, actualmente elaborado utilizando Matlab, está formado por los módulos de entrenamiento y de predicción. El sistema permite predecir a largos horizontes de tiempo (meses) con índices de error en general inferiores a un 30 (MSE) para las 8 palas que han sido estudiadas. Para ese logro se filtraron todas las variables con una media móvil de 30 días, y se elaboró un modelo NARX con redes neuronales que requiere de 4 variables exógenas (UDF, TMEF, TMPR y NDet). Para su elaboración se contó con una base de datos conteniendo registros diarios de todas las variables antes mencionadas (Disp, UDF, TMEF, TMPR, NDet) a las que se suma la Disponibilidad Mecánica-Eléctrica la que fue descartada para la elaboración de modelos dada su alta correlación con la Disp. El entrenamiento del modelo se basó principalmente en datos de una sola de las palas por lo que se considera muy exitoso su desempeño en las restantes. La carga de datos se realiza mediante archivos Excel, con una estructura normalizada (siguiendo los nombres de variables definidos por v los modelos). El desarrollo del prototipo se hizo modular, considerando dos módulos: Módulo de entrenamiento de modelo Módulo de Predicción Si bien, el módulo de entrenamiento del modelo no es parte del objetivo previsto originalmente, pues se concibió solo el desarrollo de un módulo de usuario final que permitiera a este operar en forma simple con el modelo, cargando los datos del equipo bajo análisis, se aprovechó que, al estar utilizando Matlab como herramienta de desarrollo, era simple desarrollar variaciones de parámetros, lo que facilitó el avance en la depuración de los modelos. Los parámetros que se pueden modificar para el entrenamiento son: Selección de variables a considerar en el entrenamiento, Cantidad de Neuronas, Retardo a aplicar, Cantidad de ciclos a considera para predicción (horizonte de tiempo). En el módulo de predicción el usuario puede cargar el conjunto de datos del equipo al cual desea hacer la predicción, mediante la carga desde un archivo Excel, definir el horizonte de tiempo de la predicción, y mostrar los resultados en forma de gráfico. El módulo permite mostrar además los errores de la predicción y guardar los resultados. Además del prototipo, se desarrolló un manual de usuario simple, que explica la operatoria para utilizar la interfaz. Y un manual técnico que explica la forma como está construido el aplicativo. Es notable destacar el nivel de predicción alcanzado por el sistema a un horizonte largo de tiempo lo que permite ser auspicioso en su uso en faena, en particular si se logra refinar el modelo incorporando variables adicionales. El proyecto fue implementado para 8 palas Bucyrus y sólo para predicción de Disponibilidad. Las pruebas han sido realizadas en el contexto de la base de datos actualmente disponible, lo que podría denominarse pequeña escala Existen varios desarrollos, como la aplicación TTM Insight, comercializada en Chile por la firma homónima. Ella permite optimizar labores de mantenimiento preventivo-predictivo de sistemas de transporte de mineral, como poleas, polines, raspadores, correas. NextTime software ofrece una plataforma principalmente orientada a gestión y toma de decisiones en cuanto a renovar o mantener equipamiento. Otra alternativa no específica para minería- es el CMMS (Computerized Maintenance Management System) orientado a gestión de activos y programación de mantenimiento, normalización de procedimientos y análisis de fallas. RMES, Raptor, Relex y Blocksime se encuentran también entre los paquetes más importantes a la hora de utilizar software de apoyo a tareas de mantenimiento

(Carmona H., E.). Raptor permite simulación de escenarios utilizando técnicas de Monte Carlo. De todos ellos, solo RMES permite análisis de datos históricos. También existen diversos otros productos de gestión de activos empresariales, en algunos casos con uso en minería, pero orientados gestión de activos, con módulos de mantenimiento que permiten administrar programaciones y planes, manejar las configuraciones de los activos y sus repuestos, administrar costos, y eventualmente en algunos casos, a generar estadísticas e indicadores útiles para la gestión de mantenimiento. Todos estos programas o sistemas no apuntan específicamente en la dirección de nuestra propuesta, puesto que están orientados a servir de apoyo a la gestión de mantenimiento para efectos de control y programación, pero no a simular o analizar comportamientos para fines de predicción de disponibilidad. En consecuencia, la solución que se plantea podría constituirse en un complemento a la actividad de mantención apoyada por softwares comerciales de gran dimensión, como los anteriormente mencionados. No se han encontrado competidores directos a este sistema que predigan Disponibilidad de activos utilizando herramientas de inteligencia computacional. En la experiencia y conocimiento del equipo de proyecto, no existen soluciones que permitan automatizar el análisis y predicción de disponibilidad de flotas de activos mineros. Como se indica en la sección Necesidad , la gestión de disponibilidad se hace fundamentalmente en base a mantenimiento programado y administración reactiva de incidentes, y con muy poco análisis predictivo, salvo la experiencia de los encargados y algún manejo de historia de fallas que se analiza en forma manual. Las patentes mas atingentes encontradas son: Patente 103837784 - Artificial intelligence identification method of external faults of conversion current bus of HVDC system STATE GRID CORPORATION OF CHINA, WANG YUHONG Utiliza técnicas de inteligencia artificial para identificar fallas externas en un bus de conversión de corriente de un sistema HDVC. Patente 103745229 - Method and system of fault diagnosis of rail transit based on SVM (Support Vector Machine) BEIJING TALEDE INFORMATION TECHNOLOGY CO., LTD., BAO XIA Uso de SVM como clasificador para diagnosticar fallas en rieles. Patente 103810328 - Transformer maintenance decision method based on hybrid model STATE GRID CORPORATION OF CHINA, LIU HONGLIANG Uso de redes neuronales RBF para apoyo en la toma de decisiones de tipos de fallas en transformadores. Patente 103575525 - Intelligent diagnosis method for mechanical fault of circuit breaker SOUTHEAST UNIVERSITY Uso de SVM para reconocimiento de fallas Actualmente, los planes de mantenimiento se basan en un análisis estadístico sencillo de la historia de indicadores tales como: disponibilidad, disponibilidad física, Tiempo Medio entre Fallas (TMEF), Tiempo Medio para Reparar (TMPR), Número de Detenciones, sumados a las recomendaciones estándar de los fabricantes y a la planificación de la producción. No se consideran dentro del análisis, estimaciones o predicción de disponibilidad, salvo lo que sugiera la experiencia del encargado u otros antecedentes no sistemáticos ni precisos. Todo ello índice en que los planes estén sujetos a gran incerteza en su cumplimiento, sobre todo, dada la incidencia de La solución obtenida corresponde a un sistema (aplicación de software) que implementa un modelo predictivo basado en redes neuronales, el cual es utilizado para predicción de disponibilidad con distintos horizontes de plazo. Este modelo puede ser alimentado permanentemente con datos históricos (de

mantenimiento y de monitoreo de condiciones), y parametrizado en forma simple. La principal diferenciación respecto de esquemas de predicción tradicionales (análisis manuales, basados en la experiencia del encargado), está asociada a la innovación tecnológica. Dicha innovación se basa en la capacidad única de las herramientas científicas a utilizar, para elaborar modelos predictivos con altas tasas de acierto, a partir de datos almacenados y con capacidad de ir aprendiendo y ajustando el modelo en base a la experiencia previa. La solución ha dado lugar a un prototipo. A futuro los modelos incluidos se ajustarán, afinarán y ampliarán a otras variables y además se desarrollará una herramienta que automatice la carga de datos, robusta y de uso simple. El objetivo de diseño será el permitir que tanto la carga de datos, como la operación del SW para el cálculo y emisión de resultados de predicción sean sencillos y no requieran experticia técnica informática ni matemática, pudiendo ser utilizado autónomamente por los encargados de Mantenimiento. Hoy día no existe una herramienta tecnológica que aporte o contribuya con una solución de predicción de indicadores de ingeniería en mantenimiento. Los equipos mineros pesados corresponden al activo más importante de la industria minera. La administración de este tipo de activos generalmente está a cargo de unidades de Gestión de Activos, áreas que buscan optimizar cada uno de sus procesos, en términos económicos y productivos. Por otra parte, los presupuestos de mantenimiento de estos activos son parte de los costos de operación más importantes de una empresa minera, y uno de los factores que influye directamente en ellos es la precisión de los planes de mantenimiento. En consecuencia, contar con una herramienta que permita predecir estos indicadores, permitirá contar con planes de mantenimiento más precisos y confiables, lo que influirá directamente en la productividad de los equipos mineros pesados, y en ahorros en mantenciones no planificadas, según se describe más arriba en el análisis de la necesidad y oportunidad. Si analizamos el impacto de la información predictiva sobre la industria minera, podemos vislumbrar a priori las siguientes consecuencias, categorizadas en dos áreas: 1) Consecuencias sobre la industria minera: a) Mejora sobre el proceso de planificación de mantenimiento. b) Mejora de la disponibilidad de los equipos, y con ello mejora de la rentabilidad de estos activos c) Disminución de los costos asociados al proceso de operación y el de mantenimiento. d) Mejora sobre las prácticas operativas que desarrollan los actores del proceso productivo minero (operadores, mantenedores, superintendentes). 2) Consecuencia sobre la industria de tecnología para minería: a) una nueva línea de productos a ofrecer a la industria minera tanto en Chile como en el extranjero. b) Mejora en posicionamiento de la empresa asociada en el mercado de desarrolladores en tecnología para la minería y ampliación de su oferta de productos. Esta solución tecnológica está orientada a dar apoyo a las unidades de ingeniería en mantenimiento pertenecientes a las Gerencias de Operaciones Mina de la industria minera. Considerando esto es que podemos decir que nuestro mercado objetivo final, en general es la industria minera, particularmente en Chile, dada la importancia económica, tamaño y cantidad de empresas en este rubro presentes en el medio local, siendo muchas de ellas, al mismo tiempo, corporaciones de presencia mundial. En segundo lugar, se puede considerar también como mercado objetivo, a diversas empresas de apoyo o contratistas de la industria minera, a través de las cuales se puede

comercializar una solución de este tipo, las cuales además podrán generar valor agregado como consultoría y servicios para la operación de la solución. Si consideramos, además, que el modelo predictivo que se desarrollará es dependiente del tipo de equipo y del tipo de uso al que está sometido, se puede inferir que la solución puede ser aplicada varias veces en una misma operación minera, para diferentes tipos de equipamiento, ajustando y adecuando sus parámetros para cada tipo de equipo particular. Ello abre a futuro, cuando se cuente con mayor experiencia en la aplicación real y productiva de la solución, una nueva posibilidad de una familia de productos, que sean más específicos y ajustados a la realidad operacional. Finalmente, una solución como la descrita, es también aplicable a otras industrias, que operen con equipos industriales pesados, cuya gestión de confiabilidad y mantenimiento represente un aspecto importante en los costos operacionales de dichas industrias. Ejemplos de esto pueden ser empresas forestales, industria siderúrgica, energía, construcción y transportes. La empresa llamada a producir el prototipo y futuros desarrollos relacionados es nuestra empresa asociada, DIRECTIC Soluciones Tecnológicas, una empresa dedicada a desarrollar soluciones y tecnología de SW aplicada para la industria minera. Dentro de su portafolio de soluciones y servicios posee soluciones enfocadas a la gestión de seguridad minera, programas de control de riesgos, análisis de accidentabilidad en minería, entre otros.

Referencia Bibliográfica	
--------------------------	--

RESULTADO

Tipo	Resultado de Producción Científica (Ex "Otros")
Nombre	Elaboracion de modelos dinamicos para la prediccion de variables de mantenimient
Descripción	Se trata de una Tesis de Magister en Ingeniería Informática. Aporta a Hitos 1, 2 y 3 avanzando en el estudio de las bases de datos y la elaboración de modelos preliminares. Alumno: Carlos Pérez. Prof. G. Acuña
Descripción del Logro	Esta Tesis se defendió exitosamente en mayo 2016
Referencia Bibliográfica	Carlos Pérez R, 2016, "Elaboración de modelos dinámicos para la predicción de variables de mantenimiento en minería utilizando herramientas de IC", Tesis de Magister en Ingeniería Informática, USACH

RESULTADO

Tipo	Resultado de Producción Científica (Ex "Otros")
Nombre	NARX SVM models to predict MTBF and MTTR of heavy mining equipment
Descripción	Se trata de un trabajo aceptado en la Conferencia The Latin American Congress on Computational Intelligence, LA-CCI 2014, IEEE-CIS, Bariloche, Argentina, Junio 11-13, 2014. Autores: 1. G. Acuña, M. Curilem, F. Garrido, F. Cubillos, B. Araya. Su aporte es en avanzar en la etapa 3 de la Carta Gantt del proyecto \"Elaboración de modelos preliminares\", ayudando así al cumplimiento de los Hitos 1, 2 y 3. Consiste en la elaboración de modelos predictivos de TMEF y TMPR utilizando SVM para regresión.
Descripción del Logro	El trabajo fue presentado en la Conferencia mencionada en la descripción de este Resultado
Referencia Bibliográfica	G. Acuña, M. Curilem, F. Garrido, F. Cubillos, B. Araya, "NARX SVM models to predict MTBF and MTTR of heavy mining equipment", The Latin American Congress on Computational Intelligence, LA-CCI 2014, IEEE-CIS, Bariloche, Argentina, Junio 11-13, 2014.

RESULTADO

Tipo	Resultado de Producción Científica (Ex "Otros")
Nombre	Modelo predictivo de un indicador de disponibilidad para gestion de activos mine
Descripción	Tesis para obtener el grado de Magister en Ciencias de la Ingeniería mención Ingeniería Eléctrica, Universidad de la Frontera, 20 enero 2015.
Descripción del Logro	Esta tesis fue defendida con éxito en enero 2015.
Referencia Bibliográfica	Fernanda Garrido O., "Modelo predictivo de un indicador de disponibilidad para gestión de activos mineros", Tesis de Magister en Ciencias de la Ingeniería, mención Ingeniería eléctrica, Universidad de la Frontera, enero 2015.

RESULTADO

Tipo	Resultado de Producción Científica (Ex "Otros")
Nombre	Investigacion de Modelos Lineales para Prediccion Disponibilid

Descripción	Se trata de un Trabajo de Título de Pregrado. Aporta a la investigación acerca de posibles modelos dinámicos predictivos de Disponibilidad de activos mineros
Descripción del Logro	Este resultado correspondía al trabajo de Título de Sebastian Stuardo alumno de nuestra carrera de Ingeniería de Ejecución en Computación e Informática denominado Modelo dinámico para la gestión de flotas de palas en faenas mineras. El alumno cumplió con todos los requisitos para aprobar su curso de Seminario de Título y llegó a un estado avanzado de su manuscrito final. Sin embargo, quizás debido al paro prolongado que mantuvieron los alumnos de la Usach en este semestre, no he logrado reunirme de nuevo con él y me temo que haya abandonado para ingresar a trabajar. En compensación una Tesis de Magister Fernanda Garrido concluyó y así fue informada como resultado, en Enero 2015.

Referencia Bibliográfica	
--------------------------	--

RESULTADO

Tipo	Resultado de Producción Científica (Ex "Otros")
Nombre	Inteligencia Computacional: Apoyando a la gestión de activos en minería
Descripción	Artículo de difusión escrito por la Investigadora PhD del Proyecto, Millaray Curilem S. para la revista anual de la Universidad de la Frontera, "Nuestra Muestra", pag. 34-35, 2014.

Descripción del Logro	Este trabajo salió publicado en la revista anual de la UFRO mencionada en la descripción del resultado.
-----------------------	---

Referencia Bibliográfica	Nuestra Muestra, revista de la UFRO, pp. 34-35
--------------------------	--

RESULTADO

Tipo	Resultado de Producción Científica (Ex "Otros")
Nombre	Predicción de Disponibilidad de Equipamiento pesado para la Minería
Descripción	Se trata de un Trabajo de Título concluido y presentado para Ingeniero Civil Electrónico de la UFRO y aporta a Hitos 1, 2 y 3 avanzando en el estudio de las bases de datos y la elaboración de modelos preliminares. Alumno; Cristian Huanquiles. Prof. M. Curilem

Descripción del Logro	El alumno defendió exitosamente en el DIE de la UFRO, Temuco, su Trabajo de Título.
-----------------------	---

Referencia Bibliográfica	Cristián Huanquilef D., "Predicción de Disponibilidad de Equipamiento pesado para la Minería", Memoria de Título de Ingeniería Civil Electrónica, Universidad de la Frontera, septiembre 2015.
--------------------------	--

RESULTADO

Tipo	Resultado de Producción Científica (Ex "Otros")
Nombre	Predictive Models applied to a Heavy Duty Equipment Management

Descripción	Se trata de un trabajo presentado en la Conferencia Mexican International Conference on Artificial Intelligence (MICA I 2014), Tuxtla Gutiérrez, Mexico, 18 de noviembre 2014. Sus autores son G. Acuña, M. Curilem, B. Araya, F. Cubillos, R. Miranda, F. Garrido. El trabajo se publicó en Lecture Notes on Artificial Intelligence, LNAI 8857:198-215, 2014 (SCOPUS). Apoya a la consecución de hitos 1, 2 y 3. Consiste en la elaboración de modelos predictivos para TMEF, TMPR y Disponibilidad.
-------------	--

Descripción del Logro	Se trata de un trabajo presentado en la Conferencia Mexican International Conference on Artificial Intelligence (MICA I 2014), Tuxtla Gutiérrez, Mexico, 18 de noviembre 2014. Sus autores son G. Acuña, M. Curilem, B. Araya, F. Cubillos, R. Miranda, F. Garrido. El trabajo se publicó en Lecture Notes on Artificial Intelligence, LNAI 8857:198-215, 2014 (SCOPUS). Apoya a la consecución de hitos 1, 2 y 3. Consiste en la elaboración de modelos predictivos para TMEF, TMPR y Disponibilidad.
-----------------------	--

Referencia Bibliográfica	G. Acuña, M. Curilem, B. Araya, F. Cubillos, R. Miranda, F. Garrido, 2014, "Predictive Models applied to a Heavy Duty Equipment Management", MICA I 2014 Part II, Lecture Notes in Artificial Intelligence, LNAI 8857:198-215 (SCOPUS)
--------------------------	--

RESULTADO

Tipo	Resultado de Producción Científica (Ex "Otros")
Nombre	Prediction of the Criticality of a Heavy Duty Mining Equipment
Descripción	2. Millaray Curilem, Gonzalo Acuña, Cristian Huanquilef, Francisco Cubillos, Beatriz Araya, Guiselle Segovia and Carlos Pérez Prediction of the Criticality of a Heavy Duty Mining Equipment , The Latin American Congress on Computational Intelligence, LA-CCI 2015, IEEE-CIS, Curitiba, Brasil, Octubre 13-16, 2015. Su aporte es en avanzar en la etapa 3 de la Carta Gantt del proyecto "Elaboración de modelos preliminares", ayudando así al cumplimiento de los Hitos 1, 2 y 3. Consiste en la elaboración de modelos de clasificación predictiva del estado crítico de la flota de palas utilizando SVM. Este resultado fue agregado durante la ejecución del proyecto.

Descripción del Logro	Se presentó como poster en el LA-CCI, Curitiba, Brasil
-----------------------	--

Referencia Bibliográfica	Millaray Curilem, Gonzalo Acuña, Cristian Huanquilef, Francisco Cubillos, Beatriz Araya, Guiselle Segovia and Carlos Pérez, 2015, "Prediction of the Criticality of a Heavy Duty Mining Equipment", The Latin American Congress on Computational Intelligence, LA-CCI 2015, IEEE-CIS, Curitiba, Brasil, Octubre 13-16, 2015. (SCOPUS)
--------------------------	---

RESULTADO

Tipo	Resultado de Producción Científica (Ex "Otros")
Nombre	NARX Neural Network Model for Predicting Availability of a Heavy Duty Mining Equ

Descripción	Conferencia The Latin American Congress on Computational Intelligence, LA-CCI 2015, IEEE-CIS, Curitiba, Brasil, Octubre 13-16, 2015. Su aporte es en avanzar en la etapa 3 de la Carta Gantt del proyecto "Elaboración de modelos preliminares", ayudando así al cumplimiento de los Hitos 1, 2 y 3. Consiste en la elaboración de modelos predictivos de Disponibilidad utilizando Redes Neuronales para regresión. Este resultado fue agregado durante la ejecución del proyecto.
-------------	---

Descripción del Logro	Este trabajo se presentó como Poster en la LA-CCI 2015, Curitiba, Brasil
-----------------------	--

Referencia Bibliográfica	Gonzalo Acuña, Millaray Curilem, Francisco Cubillos, Beatriz Araya, Guisselle Segovia, Carlos Perez and Cristian Huanquilef, 2015, "NARX Neural Network Model for Predicting Availability of a Heavy Duty Mining Equipment", The Latin American Congress on Computational Intelligence, LA-CCI 2015, IEEE-CIS, Curitiba, Brasil, Octubre 13-16, 2015. (SCOPUS)
--------------------------	--

RESULTADO

Tipo	Resultado de Producción Científica (Ex "Otros")
Nombre	Clasificación predictiva del estado de criticidad de una flota de equipos pesado
Descripción	Se trata de una Tesis de Magister en Ingeniería Informática. Aporta a Hitos 1, 2 y 3 avanzando en el estudio de las bases de datos y la elaboración de modelos preliminares. Alumna Guisselle Segovia. Prof. G. Acuña

Descripción del Logro	Se defendió exitosamente en mayo 2016 la Tesis de Magister en Ingeniería Informática de Guisselle Segovia titulada " Clasificación predictiva del estado de criticidad de una flota de equipos pesado"
-----------------------	--

Referencia Bibliográfica	Guisselle Segovia G., 2016, "Clasificación predictiva del estado de una flota de equipos pesados en minería", Tesis de Magister en Ingeniería Informática, USACH.
--------------------------	---

RESULTADO DE PRODUCCIÓN

Categoría	Cantidad Comprometida	Cantidad Lograda
Producto	1	1

RESULTADO DE PRODUCCIÓN CIENTÍFICA (EX "OTROS")

Categoría	Cantidad Comprometida	Cantidad Lograda
Evento	4	4
Publicación	1	1
Tesis o Proyecto de título	5	4

2.3 Informe financiero a la fecha de término

	Montos Comprometidos según Convenio por fuente de financiamiento	Monto Girado por Fondef	Gastos financiados por fuente de financiamiento	%
FONDEF	109.690.000	109.690.000	71.931.445	57,48 %
FONDEF	109.690.000	109.690.000	71.931.445	28,74 %
Institución(es) Beneficiaria(s)				
UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE	53.416.000	No Aplica	53.204.168	42,52 %
UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE	53.416.000	No Aplica	53.204.168	21,26 %
Empresas y otras Entidades Asociadas	0	No Aplica		0 %
Totales	163.106.000	109.690.000	125.135.613	50 %

Monto por Reintegrar		37.758.555		
Monto Reintegrado a FONDEF		(0)		
Costo Final del Proyecto		250.271.226		

2.4 Autoevaluación de la Ejecución del Proyecto

El(la) Representante Institucional de cada Institución Beneficiara
UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE
La ejecución del proyecto FONDEF CA13I10121 "Herramienta de Predicción de Indicadores de Disponibilidad para Gestión de Activos Mineros" ha permitido dotar a nuestra Universidad del conocimiento necesario para desarrollar propuestas en el ámbito de la inteligencia computacional aplicada como lo testimonia la creación del Centro "Inteligencia Computacional para la Gestión de Activos Industriales", ICGAIN (www.icgain.cl). Los resultados tecnológicos se reflejan en un registro de derecho de autor en la DIBAM del software del sistema desarrollado. La dinámica del proyecto en cada una de sus etapas fue desarrollada en forma paulatina, superando los obstáculos que se presentaron y logrando cumplir con los objetivos planteados al comienzo del proyecto. En el marco del proyecto se tituló 1 estudiante de Pregrado y 3 estudiantes de Magister. Desde el punto de vista de la transferencia tecnológica, nuestra universidad continuará desarrollando acciones que permitan que las tecnologías obtenidas lleguen a la industria y logren impactos en la eficiencia del proceso, como ha sido evaluado en los resultados del proyecto, manteniendo los contactos con la empresa Directic que participó activamente en la ejecución del citado proyecto.

El(la) Director(a) del proyecto
El proyecto se desarrolló normalmente en los plazos previstos. El resultado de producción (prototipo) se consiguió según planificación prevista y con la conformidad de nuestra empresa asociada (Directic). La extensión sirvió para iniciar estudios de protección y patentamiento. Por razones meramente administrativas esos estudios, si bien se iniciaron con tiempo originaron resultados pocos días después del fin de la extensión del proyecto. Como consecuencia de este Proyecto se creó en la Facultad de Ingeniería de la USACH el Centro "Inteligencia Computacional para la Gestión de Activos Industriales" (ICGAIN) (Resolución en Anexo) (visitar sitio WEB: http://www.icgain.cl/) La continuidad de este Proyecto se ha dado en el marco de la postulación al Fondef Minería (Anexo)

2.5 Propuesta de Continuidad de la(s) Institucion(es) Beneficiaria(s)

La USACH realizó la protección del software en el Departamento de Derechos Intelectuales de la DIBAM. La continuidad del proyecto se pretende mediante postulación al reciente Fondef en Minería con la misma empresa Directic como Entidad Asociada.