



UCSC

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE TIEMPOS PERDIDOS Y PROPUESTAS DE MEJORAS
PARA EL AÑO 2019 EN LA SUPERINTENDENCIA DE MADERAS
PLANTA ARAUCO CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCIÓN S.A.**

Por

PATRICIO ALEJANDRO FLORES FERNANDOIS

**INFORME DE PROYECTO APLICADO EN INGENIERÍA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL**

Profesor guía

BENITO EDUARDO ROMÁN VERGARA

Concepción, Chile

2019

Agradecimientos

Para comenzar extiendo mis agradecimientos a toda el área de Preparación Madera quienes siempre mostraron disposición a enseñarme el modo de operación del área y de los equipos que intervienen en la proceso de astillado, haciendo mi paso por Planta Arauco una experiencia agradable llena de aprendizajes. Mi gratitud en especial al Sr. Iván Lazo Varas, Superintendente de Madera; al Sr. Maximiliano Elicer Coopman, Ingeniero de Operaciones; al Sr. Pablo Zurita Rojas, al Sr. Gerardo Paz Lara, al Sr. Claudio Riquelme García y al Sr. Pedro Neira Santos, Operadores líderes en Madera; a los Operadores de las líneas de astillado, Volantes del área, Mantenedores del área y a mi profesor guía Sr. Benito Román Vergara.

Contenido

Resumen ejecutivo	4
Introducción	5
Materiales y métodos	6
Resultados:	7
Imagen N°1: Interfaz de registro de tiempos perdidos.....	7
Gráfico N°2: Distribución de tiempos perdidos de acuerdo al área responsable.	9
Gráfico N°3: Distribución de tiempos perdidos de acuerdo a línea de astillado.	9
Tabla N°1: Eventos con mayor concentración de tiempo perdido en línea Andes.	10
Gráfico N°4: Distribución de tiempos perdidos en línea Andes.	10
Tabla N°2: Eventos con mayor concentración de tiempo perdido en línea Pacífico.	11
Gráfico N°5: Distribución de tiempos perdidos en línea Pacífico.	11
Tabla N°3: Eventos con mayor concentración de tiempo perdido en línea Eucaliptus.....	12
Gráfico N°6: Distribución de tiempos perdidos en línea Eucaliptus.....	12
Tabla N°4: Motivos que ocasionan fuera de servicio del astillador 212.....	13
Imagen N°2: Astillador 212 línea Eucaliptus.....	14
Tabla N°5: Motivos que ocasionan fuera de servicio del transportador 312.	15
Tabla N°6: Motivos que ocasionan fuera de servicio de la correa 318.	15
Propuesta de mejora para minimizar detenciones del astillador 212:	18
Imagen N°3: Mejora propuesta en línea de astillado.	19
Propuesta de mejora para minimizar detenciones del transportador 312:	22
Imagen N°4: Transportador 312 entrada al Rotabarker.	23
Propuesta de mejora para minimizar detenciones de la correa 318:	25
Imagen N°5: Correa 318 Línea Eucaliptus.	26
Conclusiones	27
Referencias	28
Anexo	29
Instructivo de uso interfaz de registro de tiempos perdidos	29

Resumen ejecutivo

El principal objetivo del área de Preparación Madera de Planta Arauco es entregar productos de calidad a sus clientes internos, es decir, astillas con un tamaño adecuado para el proceso de digestión y biomasa de buena calidad para el funcionamiento de las calderas. Para obtener estos productos intervienen equipos de grandes dimensiones, como astilladores, descortezadores, harneros, trituradores y la grúa portal. Debido a la alta utilización de estos equipos y dado que en los trabajos realizados existen golpes, cortes y manipulación de elementos pesados, la vida útil de los equipos tiende a verse afectada. Por esto es importante programar mantenencias que vayan en pos de reparar los equipos o reemplazarlos a tiempo, minimizando detenciones en la producción.

Durante el periodo comprendido entre junio y diciembre del año 2018 las líneas de astillado del área estuvieron detenidas 1.172 horas. La línea que estuvo más tiempo fuera de servicio fue Eucaliptus, totalizando 544,67 horas en detenciones. Los equipos que presentaron mayor tiempo en detenciones fueron el astillador 212, el transportador 312 y la correa 318.

El astillador 212 acumuló 10.503 minutos (175,05 horas) en detenciones. Se pudo establecer que el corte de los pernos que sujetan los cuchillos entre el clamp y el holder es uno de los motivos por los cuales el astillador 212 quedó fuera de servicio. Este evento ocurre debido a que el aire que se utiliza en la llave neumática para el torque de los pernos es de mala calidad, es decir posee un alto porcentaje de humedad. El corte de pernos significó dejar de producir 144 ADT de pulpa de celulosa, lo que habría generado ingresos por 93.600 USD. Para solucionar esto se propone la instalación de un filtro de aire por un costo de 2.615 USD.

En el caso del transportador 312 este acumuló 7.068 minutos (117,8 horas) fuera de servicio. Se pudo establecer que los tacos de rollizos generados por la acumulación de corteza entre el transportador y la entrada al Rotabarker fueron las principales causas de las detenciones, debido a que la corteza no logra caer a la correa 257 e impide el normal desplazamiento de los rollizos de madera hacia el descortezador. Estos tacos de rollizos significaron dejar de producir 1.240,77 ADT de pulpa de celulosa, lo que habría generado ingresos de 806.500 USD. Para solucionar esto se propone la instalación de una sección de rodillos que permitan arrojar la totalidad de la corteza a la correa 257, por un costo de 500.000 USD.

En cuanto a la correa 318 esta acumuló 2.105 minutos (35,08 horas) fuera de servicio. Se pudo identificar que el retiro de metales de la correa fue el evento que acumuló mayor cantidad de minutos en detenciones y además el que ocurrió con mayor frecuencia, debido a que no existe una correa auto limpiante que permita sacar los metales de la correa. Por este evento se dejaron de producir 1.130,25 ADT de pulpa de celulosa, lo que habría generado ingresos de 734.663 USD. Para solucionar este problema se propone la instalación de una correa auto limpiante que permita arrojar los metales fuera de la correa, esto tendría un costo de 13.800 USD.

Introducción

La habilitación profesional realizada corresponde a la modalidad proyecto aplicado en ingeniería y se desarrolló en el área de Preparación Madera de Planta Arauco (Horcones) perteneciente a Celulosa Arauco y Constitución S.A, durante el periodo comprendido entre el 01 de octubre de 2018 y el 28 de febrero de 2019.

El área de Preparación Madera es el punto de partida del proceso de extracción de celulosa, es aquí en donde a partir de rollizos se obtiene la astilla para el proceso de digestión y la corteza para ser quemada en las calderas, generando vapor y energía. Todo esto con el fin de entregar productos de calidad a sus clientes internos (fibra y licor), el área cuenta con equipos de grandes magnitudes como descortezadores, astilladores, correas transportadoras, harneros, trituradores y la grúa portal.

El área dispone de tres líneas de astillado, dos de estas líneas trabajan con madera de *Pino Radiata* (Línea Andes y Línea Pacífico) y la restante opera con madera de *Eucaliptus* de dos especies, *Eucaliptus Globulus* y *Eucaliptus Nitens*. También se acopian astillas que son compradas a proveedores externos, como aserraderos, las que son depositadas por camiones en el sistema Truck Dumper para su posterior distribución a la pila de astillas de terceros.

Debido a la alta utilización de los equipos y maquinarias presentes en el área, muchas veces se producen detenciones que representan una pérdida de recursos importantes para la compañía. Algunas de estas detenciones son programadas, con la finalidad de hacer mantenimientos preventivos a los equipos, pero otras veces los equipos presentan fallas imprevistas que obligan a la paralización de la producción, debiendo tomar las acciones correctivas correspondientes. El área de Preparación Madera tiene la ventaja de disponer de espacio suficiente para mantener un stock de astillas y biomasa que le permita trabajar con una mayor holgura y poder atender las contingencias con mayor tranquilidad, pero cuando las detenciones se extienden por mucho tiempo el stock empieza a disminuir drásticamente, por este motivo es imperioso poder mantener un nivel de productos óptimo minimizando lo máximo posible los tiempos por detenciones en el área.

Durante el periodo comprendido entre junio y diciembre de 2018 se registraron 70.320 minutos en detenciones, estos se distribuyeron en 19.975 minutos en línea Andes, 17.665 minutos en línea Pacífico y 32.680 minutos en línea de Eucaliptus, la cual concentra la mayor cantidad de tiempo perdido.

Es importante reconocer ¿dónde?, ¿cómo?, ¿cuándo? y ¿por qué? se generan estos tiempos perdidos o tiempos muertos y proponer acciones de mejora que permitan minimizarlos y en el mejor de los casos eliminarlos.

Materiales y métodos

Con el propósito de identificar las fallas que concentran mayor tiempo perdido se utilizó el principio de Pareto, también conocido como la regla del 80-20. “*El Diagrama de Pareto es una herramienta que sirve para determinar el orden de importancia de las causas de un efecto determinado; en otras palabras, proporciona información sobre las causas más importantes que provocan un problema*”¹ (Baca U., y otros, 2014). Adecuando esta metodología a nuestro caso de estudio se pudo clasificar los eventos de acuerdo al aporte en minutos de cada uno.

Debido a que en el año 2018 los registros de tiempos muertos se encontraban en distintos archivos Excel o en libros de novedades antiguos, no era posible conocer de forma rápida y veraz los eventos con mayor frecuencia sucedidos en alguna fecha determinada, es por esto que mediante la herramienta visual basic de Excel (*vba*) se creó un archivo que almacene la totalidad de los registros de tiempos perdidos.

El archivo Excel diseñado permite mediante formulario *vba* ingresar las variables correspondientes a la detención ocurrida, estos son hora de inicio de la detención, hora de término, fecha, tiempo perdido (relacionado a la hora de inicio y hora de término), identificación de si corresponde a falla de algún equipo, señalar si se dejó de astillar, área responsable de la detención, línea a la que corresponde el evento, turno en el que sucedió el evento, evento, motivo que ocasionó el evento y observaciones que pueda realizar el operador de acuerdo a la situación ocurrida.

Una vez conocidos los eventos que concentran mayor cantidad de tiempo perdido y una frecuencia de ocurrencia significativa, se procedió a aplicar la metodología de Análisis de Causa Raíz (*ACR* o *Root Cause Analysis RCA*).

Mediante una herramienta ya estandarizada en Planta Arauco llamada “Tablero de resolución de problemas” se analizó los eventos más significativos a través de la técnica de los “*Cinco por qué* o *five why*”. Los *5 Porqués* es una técnica de análisis utilizada para la resolución de problemas que consiste en realizar sucesivamente la pregunta “¿por qué?” hasta obtener la causa raíz del inconveniente, con el objeto de poder tomar las acciones necesarias para erradicarla o disminuirla según sea el caso y solucionar el problema.

¹ Baca U., y otros (2014): Introducción a la ingeniería industrial.

Resultados

La herramienta diseñada permite que los eventos con tiempo perdido o eventos con tiempo que sea propio de la operación de astillar madera, sean registrados en una única planilla Excel, la cual almacenará los registros desde junio del año 2018 y permitirá filtrar estos datos de acuerdo a las exigencias de la Superintendencia de Madera, todo esto para una toma de decisiones oportuna, eficiente y vinculada a lo que realmente ocurre en el área, para así proponer acciones de mejora en cada una de las reuniones del Núcleo de Área Territorial (NAT), en las cuales participan las jefaturas de las áreas de operaciones, mantención eléctrica, mantención mecánica y cualquier área llamada a intervenir de acuerdo a las circunstancias o características del evento, además de tener conocimiento de aquellos focos en los cuales se presente una tendencia de falla y atacarlos de manera oportuna para evitar detenciones.

En la siguiente imagen se aprecia el formulario disponible para los operadores líderes en madera, quienes son los responsables de informar las detenciones ocurridas durante su turno mediante el libro de novedades y las planillas correspondientes. Para mayor información acerca de la interfaz de registro de tiempos perdidos revisar anexo n°1.

The image shows a Microsoft Excel spreadsheet titled "Registro de tiempos perdidos - Microsoft Excel". A modal form titled "INGRESO DE TIEMPOS PERDIDOS SUPERINTENDENCIA MADERAS" is overlaid on the spreadsheet. The form contains the following fields and controls:

- Form fields: "Hora de inicio", "Hora de término", "Tiempo perdido", "¿Falló algún equipo o procedimiento?", and "¿Se dejó de astillar?".
- Buttons: "Obtener TP", "REGISTRAR", "LIMPIAR", and "CERRAR".
- Calendar: A calendar for "ene. 2019" with days of the week and dates.
- Form fields: "Área responsable", "Línea", and "Turno".
- Form fields: "Evento", "Motivo", and "Observaciones".

The background spreadsheet shows a table with columns for "Fecha" and "Hora Inicio". The data rows include:

Fecha	Hora Inicio
01/08/2018	02:30 AM
01/08/2018	12:30 AM
01/08/2018	03:15 AM
01/08/2018	12:00 AM
01/08/2018	11:50 PM
01/11/2018	11:00 PM
01/11/2018	12:00 AM
01/11/2018	07:00 AM
01/11/2018	03:00 PM
01/11/2018	06:45 PM

At the bottom of the spreadsheet, there is a row of data with columns for "Evento", "Motivo", "Observaciones", and "FALLA SENSOR RADIOACTIVO".

Imagen N°1: Interfaz de registro de tiempos perdidos.

De acuerdo a los filtros utilizados, los datos a analizar corresponden a aquellos eventos ocurridos durante junio a diciembre de 2018, en línea 1 (Eucaliptus) y línea 2 (Pino Andes y Pino Pacífico). Se estipuló que los eventos a analizar fueran aquellos ocasionados por fallas en equipos o detenciones operacionales, y que como consecuencia de esto se haya dejado de astillar. De esta forma se pudo analizar los tiempos muertos del período bajo ciertas variables.

La distribución de los tiempos perdidos de ambas líneas de acuerdo al turno se puede observar en el siguiente gráfico:

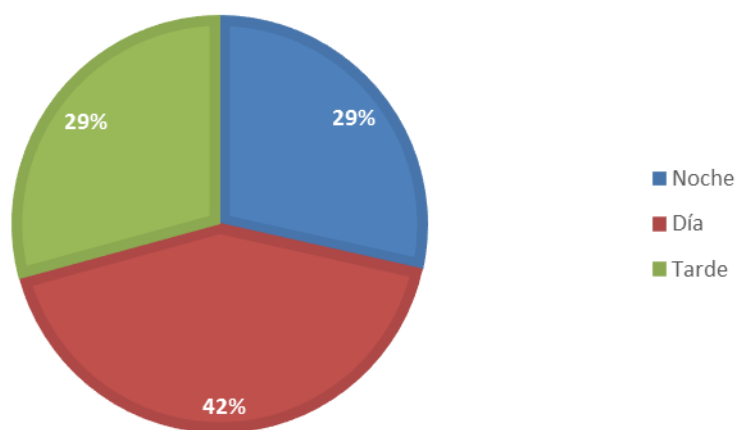


Gráfico N°1: Distribución de tiempos perdidos de acuerdo al turno.
Fuente: Planilla Excel “Registro de tiempos perdidos”.

De esto podemos interpretar que la mayor cantidad de tiempo perdido del período se presentó durante los turnos de día, esto concuerda, por ejemplo, con las mantenciones que se realizan periódicamente a los equipos y que pueden demorar bastantes horas, estas se producen durante el turno de día debido a la disponibilidad de los mantenedores del área (mecánicos y eléctricos).

La distribución de los tiempos perdidos de ambas líneas de acuerdo al área responsable de la interrupción se puede observar en el gráfico n°2.

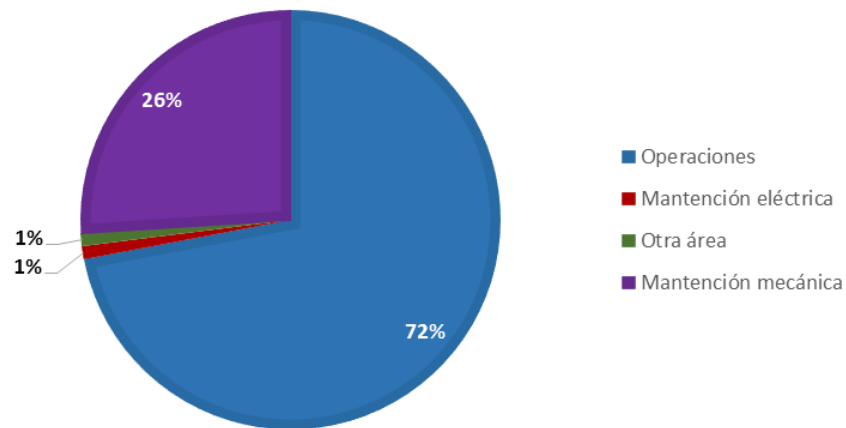


Gráfico N°2: Distribución de tiempos perdidos de acuerdo al área responsable.
Fuente: Planilla Excel “Registro de tiempos perdidos”.

Podemos observar que los tiempos muertos se encuentran en mayor proporción asociados a actividades realizadas por el área de operaciones, considerando que los volantes y operadores intervienen frecuentemente en sus líneas tiene sentido esta primera conclusión, por ejemplo uno de los eventos más recurrentes es el cambio de cuchillos a los astilladores y quienes lo realizan son los volantes del área o el operador de la línea.

La línea que concentró mayor porcentaje de minutos perdidos se puede observar en el siguiente gráfico, en donde apreciamos que con un 47 % la línea de Eucaliptus es la que posee el mayor tiempo perdido.

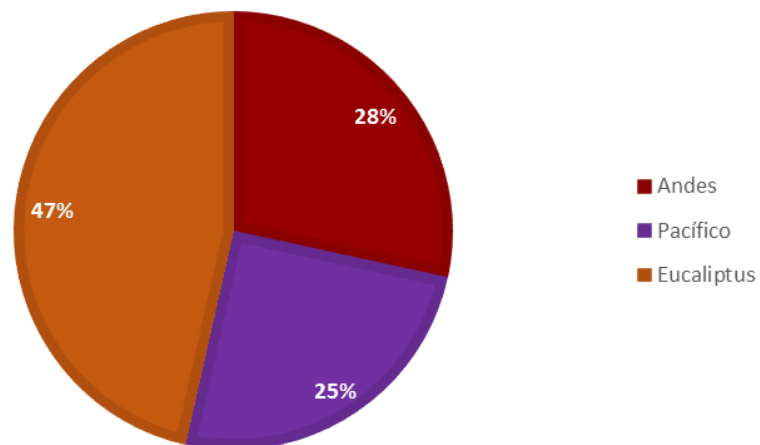


Gráfico N°3: Distribución de tiempos perdidos de acuerdo a línea de astillado.
Fuente: Planilla Excel “Registro de tiempos perdidos”.

A través del principio de Pareto se logró establecer cuáles fueron los eventos que contribuyeron en mayor medida a la acumulación de minutos perdidos.

A continuación se presentan aquellos eventos más significativos ocurridos en línea Andes y que representan el 80% del total de tiempo perdido que hubo en esta línea, especificando el tiempo perdido y la cantidad de eventos ocurridos durante el período.

Tabla N°1: Eventos con mayor concentración de tiempo perdido en línea Andes.

Eventos registrados	Tiempo Perdido (minutos)	Cantidad de eventos
F/S astillador 250	6.440	92
F/S transportador entrada descortezador sistema 205	2.424	13
F/S correa 363	2.095	41
Taco entrada Chipper	1.379	5
F/S transportador horizontal 244	1.109	4
F/S correa 351	964	14
F/S trampa de piedras 268	835	33
Falla sensor radioactivo	734	3
Total	15.980	205

Fuente: Elaboración propia en base a planilla Excel “Registro de tiempos perdidos”.

En el gráfico siguiente se puede observar de forma gráfica la distribución de los tiempos perdidos con mayor significancia en línea Andes.

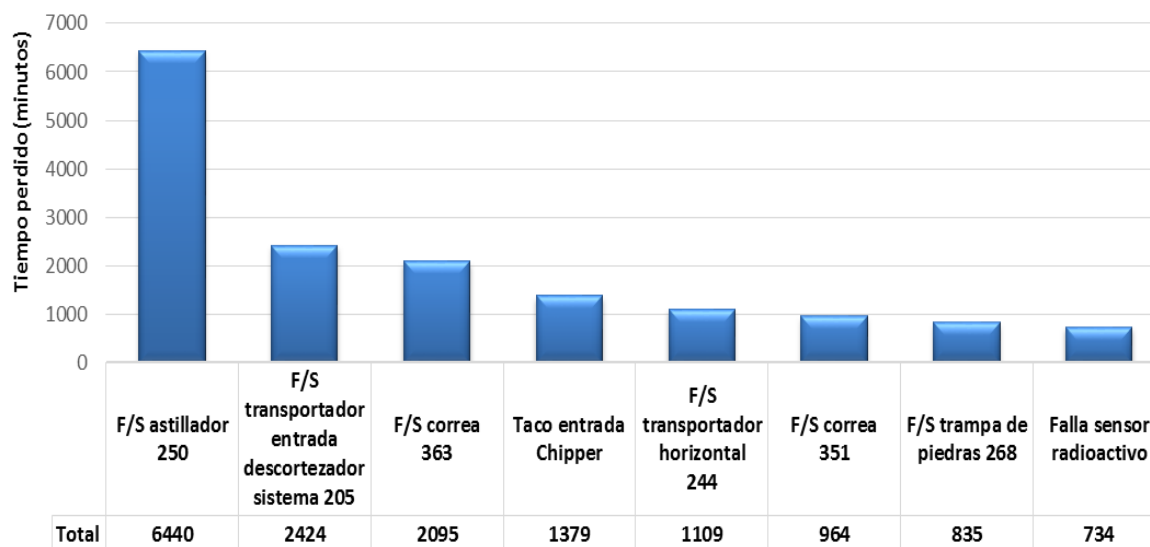


Gráfico N°4: Distribución de tiempos perdidos en línea Andes.

Fuente: Planilla Excel “Registro de tiempos perdidos”

Mediante las representaciones gráficas anteriores y considerando el Principio de Pareto podemos observar los principales eventos ocurridos en la línea y que representan el 80 % del total de minutos perdidos. De esta forma se identificó que el fuera de servicio del astillador 250 acumula la mayor cantidad de minutos en detenciones.

A continuación se presentan aquellos eventos ocurridos en línea Pacífico y que representan el 80% del total de tiempo perdido que hubo en esta línea, especificando el tiempo perdido y la cantidad de eventos ocurridos durante el período.

Tabla N°2: Eventos con mayor concentración de tiempo perdido en línea Pacífico.

Eventos registrados	Tiempo Perdido (minutos)	Cantidad de eventos
F/S astillador 320	5.934	89
F/S tornillo evacuador de astillas 327	1.889	18
F/S correa 363	1.670	38
Taco en canalón inferior	1.145	92
F/S correa 351	914	11
F/S trampa de piedras 338	720	15
F/S transportador entrada descortezador sistema 274	660	32
F/S transportador salida descortezador sistema 294	615	8
F/S sistema 344	585	58
Total	14.132	361

Fuente: Elaboración propia en base a planilla Excel “Registro de tiempos perdidos”.

En el gráfico siguiente se puede observar de forma gráfica la distribución de los tiempos perdidos y la frecuencia de ocurrencia en línea Pacífico.

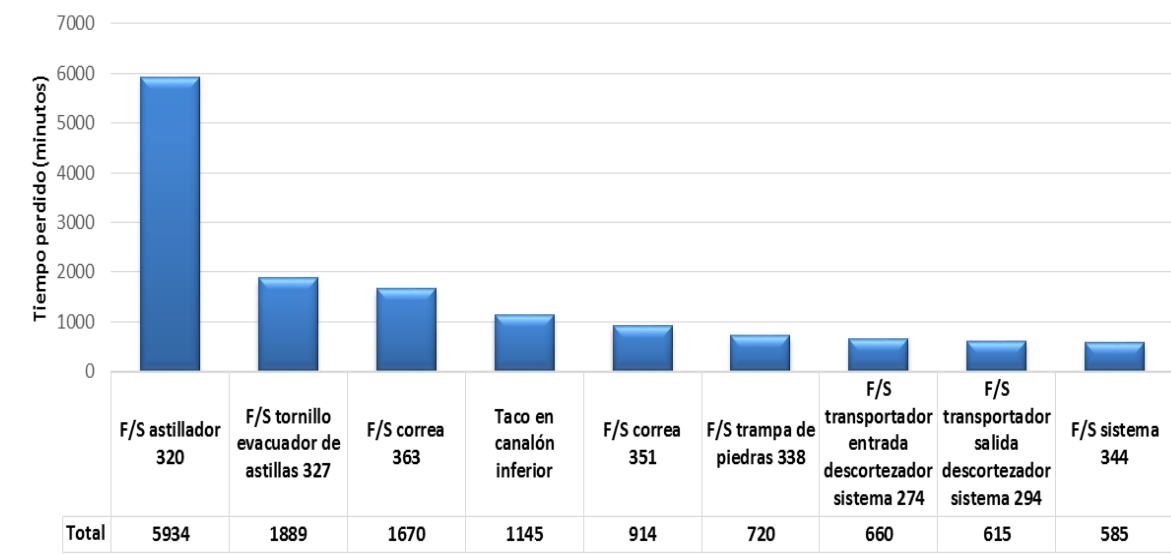


Gráfico N°5: Distribución de tiempos perdidos en línea Pacífico.

Fuente: Planilla Excel “Registro de tiempos perdidos”

Mediante las representaciones gráficas anteriores y considerando el Principio de Pareto podemos observar los principales eventos ocurridos en la línea y que representan el 80 % del total de minutos perdidos. De esta forma se identificó que el fuera de servicio del astillador 320 acumula la mayor cantidad de minutos en detenciones.

A continuación se presentan aquellos eventos ocurridos en línea Eucaliptus y que representan el 80% del total de tiempo perdido que hubo en esta línea, especificando el tiempo perdido y la cantidad de eventos ocurridos durante el período.

Tabla N°3: Eventos con mayor concentración de tiempo perdido en línea Eucaliptus.

Eventos registrados	Tiempo Perdido (minutos)	Cantidad de eventos
F/S astillador 212	10.503	178
F/S transportador 312	7.068	165
F/S correa 318	2.105	245
F/S correa 257	2.019	102
F/S transportador 255	1.955	48
F/S sección 314-A del Rotabarker	1.254	17
F/S sección 314-C del Rotabarker	1.240	97
Total	26.144	852

Fuente: Elaboración propia en base a planilla Excel “Registro de tiempos perdidos”.

En el gráfico siguiente se puede observar de forma gráfica la distribución de los tiempos perdidos y la frecuencia de ocurrencia en línea Eucaliptus.

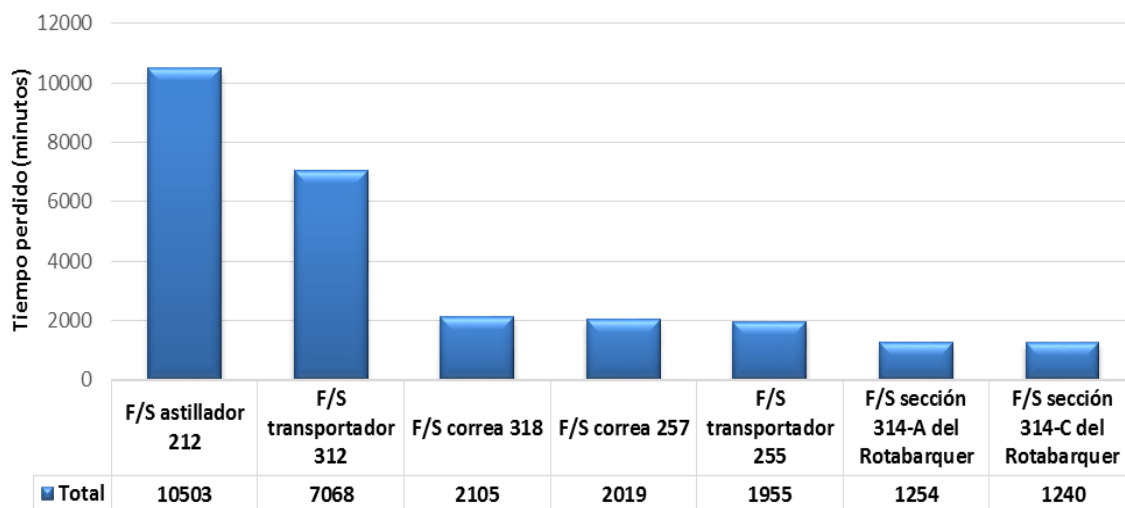


Gráfico N°6: Distribución de tiempos perdidos en línea Eucaliptus.

Fuente: Planilla Excel “Registro de tiempos perdidos”

Mediante las representaciones gráficas anteriores y considerando el Principio de Pareto podemos observar los principales eventos ocurridos en la línea y que representan el 80 % del total de minutos perdidos. De esta forma se identificó que el *fuera de servicio del astillador 212* acumula la mayor cantidad de minutos en detenciones, seguido por *fuera de servicio del transportador 312* y el *fuera de servicio de la correa 318*.

Debido a que la línea Eucaliptus es la que presenta mayor porcentaje de tiempo perdido (Ver gráfico 3) se tomó la decisión de analizar los tres eventos más significativos de esta línea mediante la metodología ACR, para esto debemos conocer los principales motivos que ocasionaron los eventos.

Los motivos vinculados al fuera de servicio delastillador 212, se pueden observar a continuación:

Tabla N°4: Motivos que ocasionan fuera de servicio del astillador 212.

Motivos registrados	Tiempo Perdido (minutos)	Cantidad de eventos
Cambio de cuchillos	9.540	159
Otro Motivo (Especificar en Observaciones)	399	5
Falla eléctrica de variador en partida	184	8
Se activa sensor carcasa	180	2
Corte de pernos	155	2
Se detiene para inspección	45	2
Total	10.503	178

Fuente: Elaboración propia en base a planilla Excel “Registro de tiempos perdidos”.

En donde el cambio de cuchillos es el motivo que ocasiona el F/S del astillador más recurrente y que acumula mayor tiempo en detenciones.

El astillador o “chipper” es un disco que está compuesto principalmente por placas de impacto, mordazas, pernos y cuchillos. Los cuchillos se encuentran en “bolsillos”, en el caso de las líneas de pino el chipper tiene 12 bolsillos, cada uno de ellos contiene 3 cuchillos, 3 mordazas y 9 pernos (3 pernos por cada mordaza); en Eucaliptus el disco está compuesto por 15 bolsillos y a diferencia de las líneas de pino, esta contiene en cada bolsillo 2 cuchillos, 2 mordazas y 8 pernos (4 pernos por cada mordaza).

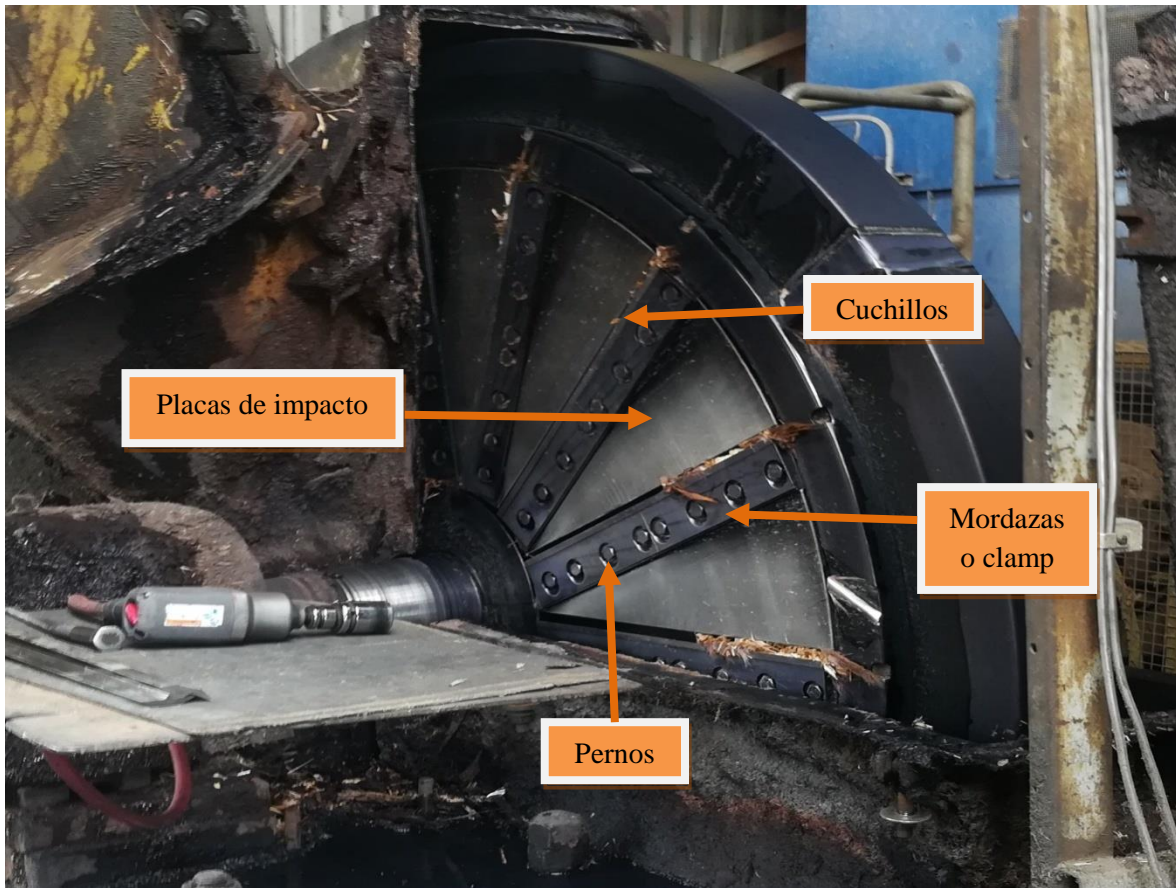


Imagen N°2: Astillador 212 línea Eucaliptus.

Por recomendación del proveedor de los cuchillos (empresa Ingemad), el cambio de éstos en el chipper de la línea de Eucaliptus debe realizarse cada 24 horas, considerando el desgaste que sufren por el tipo de madera que se astilla. En el caso del Pino se realizan “pasos” de cambio de cuchillos, el paso 1 considera el cambio de todos los cuchillos por piezas nuevas y se realiza cada 32 horas; en el paso 2 el cuchillo izquierdo pasa a la mordaza derecha, el cuchillo derecho pasa a la mordaza izquierda y el cuchillo del centro se gira, esto se debe realizar cada 24 horas; en el paso 3 los cuchillos de los extremos se giran y el cuchillo del centro se cambia por uno nuevo, esto se debe realizar cada 32 horas; en el paso 4 el cuchillo del lado izquierdo se gira y se coloca en la mordaza del lado derecho, el cuchillo del lado derecho se gira y se coloca en la mordaza del lado izquierdo y el cuchillo del centro se gira, esto se realiza cada 24 horas. El paso que se realice estará sujeto al criterio de quien inspeccione el chipper, dependiendo del estado de las piezas.

Los motivos vinculados al fuera de servicio del transportador 312, se pueden observar a continuación:

Tabla N°5: Motivos que ocasionan fuera de servicio del transportador 312.

Motivos registrados	Tiempo Perdido (minutos)	Cantidad de eventos
Limpieza de motriz	4.634	134
Taco en motriz	1.334	9
Otro Motivo (Especificar en Observaciones)	545	3
Corte de cadena	310	2
Corte de correa de transmisión	125	2
Sobrecarga	80	12
Limpieza	30	1
Sobrecarga eléctrica	10	2
Total	7.068	165

Fuente: Elaboración propia en base a planilla Excel “Registro de tiempos perdidos”.

Los motivos vinculados al fuera de servicio de la correa 318, se pueden observar a continuación:

Tabla N°6: Motivos que ocasionan fuera de servicio de la correa 318.

Motivos registrados	Tiempo Perdido (minutos)	Cantidad de eventos
Retiro de metal	1.215	203
Correa patina por lluvia	190	12
Taco en motriz	140	1
Limpieza	135	3
Taco de corteza retorno	85	5
Otro Motivo (Especificar en Observaciones)	85	2
Se coloca peso en contrapeso	75	2
Taco de corteza	50	3
Se ajustan guarderas	40	3
Taco bajo transportador 255	20	2
Taco en chute	20	3
Toma muestra de corteza	20	2
Limpieza en retorno	15	1
Limpieza de motriz	10	2
Taco de corteza motriz	5	1
Total	2.105	245

Fuente: Elaboración propia en base a planilla Excel “Registro de tiempos perdidos”.

Tablero de Resolución de Problemas

PASO 2 Describe el problema

¿Cuándo?+¿Dónde?+¿Qué?+¿Cuál?+¿Cuánto?

Durante el período comprendido entre junio y diciembre de 2018, en línea 1 astillado de Eucaliptus, el astillador 212 quedó fuera de servicio, totalizando 10.503 minutos de detención (175,1 horas) en 178 eventos (7,3 días F/S en el segundo semestre del año).

PASO 3 Encuentra causa raíz y toma acciones

¿Por qué queda fuera de servicio el astillador 212?

PASO 1 Aclara tu problema

¿Qué? Determina la desviación que se observó.
- **Astillador 212 F/S.**

¿Cuál? Cual objeto o persona tuvo la desviación.
- **Astillador 212 Línea 1 Eucaliptus.**

¿Cuándo? Cuando comenzó a ocurrir la desviación.
- **Desde Junio a Diciembre de 2018.**

¿Dónde?, Lugar físico donde ocurrió la desviación.
- **Línea 1 Eucaliptus Preparación Madera.**

¿Cuánto? Cuanto fue la consecuencia de la desviación.
- **178 eventos con un total de 10.503 minutos.**

¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	Acciones de mejora propuesta
Porque se realiza cambio de cuchillos.	1) Porque la vida útil de los cuchillos es de 24 horas. 2) Porque pierden filo los cuchillos. 3) Porque hay cuchillos quebrados. 4) Porque el porcentaje de aceptado es bajo. ✘	1.1) Porque de esta forma se mantiene un correcto porcentaje de astillas aceptadas. ✘ 2.1) Porque se astilla madera seca. 2.2) Porque la madera tiene exceso de arena. 2.3) Porque hay metal en la madera. 3.1) Porque hay metal en la madera. 3.2) Porque los elementos del chipper están en mal estado (mordaza, placa frontal o de desgaste, holder). 3.3) Porque los pernos están mal torqueados.	2.1.1) Porque la estación del año influye en la humedad de la madera. 2.1.2) Porque proveedor externo envía madera de antigua data (el rollizo fue cortado hace mucho tiempo). 2.2.1) Porque el lavado de troncos en transportador 312 y rodillos 315 es deficiente. 2.3.1) Porque el proveedor coloca plancha de metal en los extremos para que el rollizo no se parta. 2.3.2) Porque el detector no identificó el metal y no lo eliminó a tiempo. 2.3.3) Porque se desprende pieza del chipper. 3.2.1) Porque cumplen su vida útil. ✘	2.2.1.1) Porque boquillas se encuentran tapadas. 2.2.1.2) Porque existen problemas de presión en la red de agua. 2.2.1.3) Porque las bombas se encuentran con baja eficiencia. 2.3.2.1) Porque la sensibilidad del detector es baja. 2.3.3.1) Porque las piezas fueron mal montadas.	2.2.1.1.1) Porque no se cumple rutina de limpieza. 2.2.1.1.2) Porque el agua utilizada se encuentra contaminada.	2.2.1.1.2.1) Porque en caso de contingencia se utiliza agua de la piscina, la cual es agua sucia.	2.2.1.1.1) Realizar mantención a las duchas, limpiando boquillas cada 15 días. Resp: Operaciones. 2.2.1.1.2.1) Realizar estudio de implementación de filtro de agua. Resp: Ingeniero de operaciones. Mayo 2019. 2.3.3.1) Revisar sensibilidad de equipo a diario. Resp: Operadores. 2.3.4.1) Trabajar de acuerdo al procedimiento SOP. Resp: Operaciones y mantención (cada vez que se cambien cuchillos).

Tablero de Resolución de Problemas

PASO 1 Aclara tu problema

¿Qué? Determina la desviación que se observó.
- **Astillador 212 F/S.**

¿Cuál? Cual objeto o persona tuvo la desviación.
- **Astillador 212 Línea 1 Eucaliptus.**

¿Cuándo? Cuando comenzó a ocurrir la desviación.
- **Desde Junio a Diciembre de 2018.**

¿Dónde? Lugar físico donde ocurrió la desviación.
- **Línea 1 Eucaliptus Preparación Madera.**

¿Cuánto? Cuanto fue la consecuencia de la desviación.
- **178 eventos con un total de 10.503 minutos.**

PASO 2 Describe el problema

¿Cuándo?+¿Dónde?+¿Qué?+¿Cuál?+¿Cuánto?

Durante el período comprendido entre junio y diciembre de 2018, en línea 1 astillado de Eucaliptus, el astillador 212 quedó fuera de servicio, totalizando 10.503 minutos de detención (175,1 horas) en 178 eventos (7,3 días F/S en el segundo semestre del año).

PASO 3 Encuentra causa raíz y toma acciones

¿Por qué queda fuera de servicio el astillador 212?

¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	Acciones de mejora propuesta
Porque hubo falla eléctrica en el variador en la partida.	1) Porque hubo un trip eléctrico.	1.1) Porque la partida del rotor con respecto al estator no fue sincronizada.	1.1.1) Porque el rotor se demoró mas tiempo en alcanzar la partida del estator. ❌		
Porque se cortaron los pernos del Chipper.	1) Porque el diseño de los pernos no es el adecuado. 2) Porque el torque con el que se apretó fue inadecuado.	2.1) Porque la llave neumática no funciona correctamente. 2.2) Porque la llave de torque está mal calibrada. 2.3) Porque la llave de torque fue mal utilizada.	2.1.1) Porque la calidad del aire es mala (alto porcentaje de humedad en el aire).		1.1.1) Levantar deficiencia a proveedor (Key knife). Resp: Superintendente Madera. 2.1.1) Implementar filtro para reducir porcentaje de humedad. Resp: Ingeniero de operaciones. Mayo 2019. 2.2) Realizar calibración cada 3 meses Resp: Operaciones. 2.3) Capacitación sobre procedimientos. Resp. Ingeniero de operaciones. Mayo 2019.
Porque se activó sensor carcasa.	1) Porque falló el sensor. 2) Porque la carcasa se sale de posición.	1.1) Porque se cortó cable. 2.1) Porque se cortan los pernos.	1.1.1) Porque el cable roza con soporte, debido a la alta vibración. 2.1.1) Porque existe alta vibración en el equipo. 2.1.2) Por fatiga de material.	2.1.2.1) Porque los pernos fueron mal apretados.	1.1.1) Proteger el cable. Resp: Eléctricos (mayo 2019). 2.1.2.1) Trabajar de acuerdo al procedimiento SOP. Resp: Operaciones. (cada vez que se cambien cuchillos).

Propuesta de mejora para minimizar detenciones del astillador 212:

Mediante el tablero de resolución de problemas podemos identificar que una de las razones que detuvieron al astillador 212 fue que los pernos que sujetan los cuchillos al chipper se cortaron (Para referencia ver imagen n°1). Esto ocurre porque los pernos fueron mal apretados debido a que el aire que es utilizado por la llave neumática viene con un alto porcentaje de humedad y genera un mal funcionamiento de la herramienta.

Una de las desventajas de que “Preparación Madera” se encuentre apartada del resto de las áreas de la planta, es que los compresores se encuentran a una distancia considerable de las líneas de astillado, lo que genera que el aire que es utilizado llegue con propiedades distintas, como por ejemplo un mayor porcentaje de humedad.

Por esta razón se propone como proyecto GEOP la instalación de un filtro de aire que disminuya el porcentaje de humedad con el que llega el aire hasta el área de Preparación Madera y así disminuir el tiempo que el astillador 212 pasa fuera de servicio a causa de este problema.

Primero debemos tener claro cuáles son las consecuencias por dejar de astillar. Como se puede observar en la tabla n°4, el astillador 212 estuvo fuera de servicio 2,58 horas (155 minutos) a causa del corte de pernos, lo que nos permite identificar el costo de oportunidad por el evento.

La línea de Eucaliptus idealmente debiese astillar 165 TH/hr de madera (Toneladas húmedas por hora). De esta forma identificamos que debido a la detención producto al corte de pernos, no se produjeron 425,7 Toneladas húmedas de madera. Para poder obtener la relación en ADT se debe transformar las toneladas húmedas de madera a toneladas secas sin corteza (TSSC), la cual podemos observar en la siguiente ecuación:

$$TH = \frac{TSSC}{1 - \% \text{ de humedad}}$$

$$TSSC = TH * (1 - \% \text{ de humedad})$$

El porcentaje de humedad registrado por el digestor es de 45,2%.

$$TSSC = 425,7 * (1 - 0,452)$$

$$= 233,28 \text{ Toneladas secas sin corteza}$$

La unidad de medida de la pulpa de celulosa es ADT (Air Dry Ton), el valor de venta por ADT de pulpa de celulosa de Eucaliptus es de 650 USD (dólares por ADT).

Como se conoce la relación entre TSSC y ADT podemos señalar que 1,62 Toneladas secas equivalen a 1 ADT, como obtuvimos que durante el periodo se dejaron de producir 233,28

TSSC podemos deducir mediante la siguiente ecuación lo que se pudo producir si es que la línea no hubiese estado fuera de servicio:

$$\frac{233,28 \text{ TSSC}}{1,62 \frac{\text{TSSC}}{\text{ADT}}} = 144 \text{ ADT}$$

Como se conoce el valor de comercialización de la pulpa de celulosa, concluimos que se pudo haber obtenido 93.600 USD si se hubiese astillado, lo que convertido al valor del dólar del día que se generó el presente informe, 1 USD equivale a \$ 654,52 de acuerdo al Banco Central de Chile² representaría \$61.263.072 (millones de pesos chilenos).

A través de una investigación de los productos que pueden ser instalados en la línea de astillado y con ayuda del jefe de mecánicos del área, se pudo establecer que el producto necesario que permitiría tener aire con las propiedades necesarias para apretar los pernos, es un filtro de secado de aire master pneumatic provisto por la empresa *Taylor automatización S.A.*, la cotización realizada alcanza el monto de 1.850 USD, es decir \$1.210.862 por compra del producto y 765 USD por la instalación del producto en la línea de astillado, unos \$500.000 aproximadamente.

De esta forma se espera que durante la detención de la línea para mantención en mayo de 2019 se pueda implementar la mejora y que durante el año 2019 los eventos relacionados a corte de pernos no vuelvan a ocurrir. A continuación se puede observar la idea de mejora propuesta.



Imagen N°3: Mejora propuesta en línea de astillado.

² Banco Central de Chile (2019): Indicadores diarios 21 de febrero de 2019 recuperado de <https://si3.bcentral.cl/Bdemovil/BDE/IndicadoresDiarios?menuId=MI&parentMenuName=Indicadores%20diarios&fecha=21-02-2019>

Tablero de Resolución de Problemas

PASO 1 Aclara tu problema

¿Qué? Determina la desviación que se observó.
- **Transportador 312 F/S.**

¿Cuál? Cual objeto o persona tuvo la desviación.
- **Transportador 312 Línea 1 Eucaliptus.**

¿Cuándo? cuando comenzó a ocurrir la desviación.
- **Desde Junio a Diciembre de 2018.**

¿Dónde? Lugar físico donde ocurrió la desviación.
- **Línea 1 Eucaliptus Preparación Madera.**

¿Cuánto? Cuanto fue la consecuencia de la desviación.
- **165 eventos con un total de 7.068 minutos.**

PASO 2 Describe el problema

¿Cuándo?+¿Dónde?+¿Qué?+¿Cuál?+¿Cuánto?

Durante el período comprendido entre junio y diciembre de 2018, en línea 1 astillado de Eucaliptus, el transportador 312 quedó fuera de servicio, totalizando 7.068 minutos de detención (117,8 horas) en 165 eventos (4,9 días F/S en el segundo semestre del año).

PASO 3 Encuentra causa raíz y toma acciones

¿Por qué queda fuera de servicio el transportador 312?

¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	Acciones de mejora propuesta
Porque se realiza limpieza en el motriz.	1) Porque hay acumulación de corteza.	1.1) Porque hay exceso de corteza desprendida en la madera. 1.2) Porque la corteza es de lonja larga (no es de cascara).			1) Levantar solicitud de madera descortezada a suministros. Resp: Ingeniero de operaciones. Marzo 2019 1) Disminuir carga en los transportadores. Resp: Operador de línea Eucaliptus. Febrero 2019.
Porque se hace taco en motriz.	1) Porque se acumulan rollizos.	1.1) Porque hay acumulación de corteza que impide el paso de los rollizos.	1.1.1) Porque falta limpieza (exceso de corteza). 1.1.2) Porque el diseño de la plancha de transición es inadecuado.	1.1.1.1) Porque el volante no realizó la rutina correspondiente.	1.1.1.1) Aumentar la rutina de inspección cada media hora. Resp: Volante de apoyo. (Todos los días). 1.1.2) Instalación de sección de rodillos entre motriz y entrada a descortezador. Resp: Operaciones y mantenimiento mecánica. Mayo 2019

Tablero de Resolución de Problemas

PASO 1 Aclara tu problema

¿Qué? Determina la desviación que se observó.
- **Transportador 312 F/S.**

¿Cuál? Cual objeto o persona tuvo la desviación.
- **Transportador 312 Línea 1 Eucaliptus.**

¿Cuándo? Cuando comenzó a ocurrir la desviación.
- **Desde Junio a Diciembre de 2018.**

¿Dónde? Lugar físico donde ocurrió la desviación.
- **Línea 1 Eucaliptus Preparación Madera.**

¿Cuánto? Cuanto fue la consecuencia de la desviación.
- **165 eventos con un total de 7.068 minutos.**

PASO 2 Describe el problema

¿Cuándo?+¿Dónde?+¿Qué?+¿Cuál?+¿Cuánto?

Durante el período comprendido entre junio y diciembre de 2018, en línea 1 astillado de Eucaliptus, el transportador 312 quedó fuera de servicio, totalizando 7.068 minutos de detención (117,8 horas) en 165 eventos (4,9 días F/S en el segundo semestre del año).

PASO 3 Encuentra causa raíz y toma acciones

¿Por qué queda fuera de servicio el transportador 312?

¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	Acciones de mejora propuesta
Porque se corta la cadena.	1) Porque quedó un rollizo trabado. 2) Porque los rollizos golpean la cadena al caer. 3) Porque se supera el periodo de vida útil de la cadena.	1.1) Porque en la caída desde transportador 310 el rollizo cae de forma vertical atascándose en el equipo. ✘ 2.1) Porque los rollizos caen desde 3 metros hacia el transportador 312. ✘ 3.1) Porque no se tiene claro de cuanta es la duración de una cadena.	3.1.1) Porque no se tiene registro de los cambios de cadena.		3.1.1) Definir plan de cambio de cadenas del área. Resp: Operaciones y mantenimiento mecánica. Marzo 2019.
Porque se corta correa de transmisión.	1) Porque se traba la cadena. 2) Porque se desgasta por la operación. 3) Porque se supera el periodo de vida útil de la cadena. ✘	1.1) Porque se acumula corteza. ✘ 2.1) Porque al trabarse la cadena, la correa se sobre exige al seguir funcionando.	2.1.1) Porque la correa comienza a patinar.	2.1.1.1) Porque el transportador se detiene pero el motor sigue en servicio.	2.1.1.1) Ajustar sensor de movimiento Resp: Mantención eléctrica. Marzo 2019.

Propuesta de mejora para minimizar detenciones del transportador 312:

Mediante el tablero de resolución de problemas podemos identificar que una de las razones que detuvieron al transportador 312 fue la formación de tacos en el motriz, específicamente donde se une el transportador 312 con el descortezador Rotabarker. Esto se genera debido a que la corteza desprendida de los rollizos no logra fragmentarse en pequeñas partes como en el caso del pino, dado a que es dura y flexible, quedando en forma de lonja. Esta lonja muchas veces queda del tamaño del rollizo, por lo que se dificulta su caída hacia la correa 257 (correa transportadora de corteza), quedando atrapada entre el Rotabarker y el transportador acumulando corteza y bloqueando el paso de rollizos.

La idea consiste en instalar una sección de rodillos entre el motriz del transportador y la entrada del descortezador, con la intención de que a través de los giros de estos rodillos la corteza pueda ser atrapada y arrojada sobre la correa 257, impidiendo la acumulación de corteza y de rollizos.

Primero debemos tener claro cuáles son las consecuencias por dejar de astillar. Como se puede observar en la tabla nº5, el transportador 312 estuvo fuera de servicio 22,23 horas (1334 minutos) debido a tacos en el motriz, lo que nos permite identificar el costo de oportunidad por el evento.

Como se mencionó anteriormente la línea de Eucaliptus idealmente debiese astillar 165 TH/hr de madera (Toneladas húmedas por hora). De esta forma identificamos que debido a la detención producto a los tacos en el motriz, no se produjeron 3667,95 Toneladas húmedas de madera. Para poder obtener la relación en ADT se debe transformar las toneladas húmedas de madera a toneladas secas sin corteza (TSSC), la cual podemos observar en la siguiente ecuación:

$$TH = \frac{TSSC}{1 - \% \text{ de humedad}}$$

$$TSSC = TH * (1 - \% \text{ de humedad})$$

El porcentaje de humedad registrado por el digestor es de 45,2%.

$$\begin{aligned} TSSC &= 3.667,95 * (1 - 0,452) \\ &= 2.010,04 \text{ Toneladas secas sin corteza} \end{aligned}$$

La unidad de medida de la pulpa de celulosa es ADT (Air Dry Ton), el valor de venta por ADT de pulpa de celulosa de Eucaliptus es de 650 USD (dólares por ADT).

Como se conoce la relación entre TSSC y ADT podemos señalar que 1,62 Toneladas secas equivalen a 1 ADT, como obtuvimos que durante el periodo se dejaron de producir

2.010,04 TSSC podemos deducir mediante la siguiente ecuación lo que se pudo producir si es que la línea no hubiese estado fuera de servicio:

$$\frac{2.010,04 \text{ TSSC}}{1,62 \frac{\text{TSSC}}{\text{ADT}}} = 1.240,77 \text{ ADT}$$

Como se conoce el valor de comercialización de la pulpa de celulosa, concluimos que se pudo haber obtenido 806.500 USD si se hubiese astillado, lo que convertido al valor del dólar del día que se generó el presente informe, 1 USD equivale a \$ 654,52 de acuerdo al Banco Central de Chile³ representaría \$ 527.870.380 (millones de pesos chilenos).

La mejora propuesta de instalar una sección de rodillos entre el transportador 312 y el descortezador tendría un costo de 500.000 USD, aproximadamente \$ 327.260.000, según cotización del jefe de mecánicos.

De esta forma se espera que durante la detención de la línea para mantención en mayo de 2019 se pueda implementar la mejora y que durante el año 2019 los eventos relacionados a tacos en el motriz del transportador 312 se reduzcan y en el mejor de los casos se eliminen.



Imagen N°4: Transportador 312 entrada al Rotabarker.

³ Banco Central de Chile (2019): Indicadores diarios 21 de febrero de 2019 recuperado de <https://si3.bcentral.cl/Bdemovil/BDE/IndicadoresDiarios?menuId=MI&parentMenuName=Indicadores%20diarios&fecha=21-02-2019>

Tablero de Resolución de Problemas

PASO 1 Aclara tu problema

¿Qué? Determina la desviación que se observó.
- **Correa 318 F/S.**

¿Cuál? Cual objeto o persona tuvo la desviación.
- **Correa 318 Línea 1 Eucaliptus.**

¿Cuándo? Cuando comenzó a ocurrir la desviación.
- **Desde Junio a Diciembre de 2018.**

¿Dónde? Lugar físico donde ocurrió la desviación.
- **Línea 1 Eucaliptus Preparación Madera.**

¿Cuánto? Cuanto fue la consecuencia de la desviación.
- **245 eventos con un total de 2.105 minutos.**

PASO 2 Describe el problema

¿Cuándo?+¿Dónde?+¿Qué?+¿Cuál?+¿Cuánto?

Durante el período comprendido entre junio y diciembre de 2018, en línea 1 astillado de Eucaliptus, la correa 318 quedó fuera de servicio, totalizando 2.105 minutos de detención (35,1 horas) en 245 eventos (1,46 días F/S en el segundo semestre del año).

PASO 3 Encuentra causa raíz y toma acciones

¿Por qué queda fuera de servicio la correa 318?

¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	Acciones de mejora propuesta
Porque hubo que retirar metales.	1) Porque el detector encuentra metal.	1.1) Porque la corteza viene contaminada con metal.	1.1.1) Porque no existe autolimpiante que arroje el metal fuera de la correa.	1.1.1) Instalación de correa autolimpiante. Resp: Operaciones y mantención mecánica. Mayo 2019.
Porque se activa sensor de velocidad	1) Porque correa patina por lluvia. 2) Porque falla el sensor. ❌			1) Estudio de ingeniería para identificar si hay que cambiar polines metálicos a polines cerámicos o colocar techo al resto de la correa. Resp: Operaciones. Mayo 2019.
Porque hubo taco en motriz.	1) Porque un rollizo bloqueó el chute al saalasti 322.	1.1) Porque rollizo cae por rodillo del descortezador hacia correa 257 de corteza.	1.1.1) Porque los rodillos están desgastados o la madera era de bajo diámetro.	1.1.1) Realizar mantenciones al descortezador con mayor frecuencia. Resp: Andritz (Empresa subcontratista) cada 6 meses.
Porque se realizó rutina de limpieza.	1) Porque por procedimiento debe realizarse limpieza.	1.1) Porque de esta forma el equipo funciona correctamente. ❌ 1.2) Porque se reduce riesgo de incendio. ❌		

Propuesta de mejora para minimizar detenciones de la correa 318:

Mediante el tablero de resolución de problemas se pudo identificar que el principal evento que deja fuera de servicio a la correa 318 es el retiro de metales. Esto sucede porque la corteza contiene materiales metálicos que no fueron identificados con anterioridad y son localizados por el detector de metales, deteniendo inmediatamente la correa. La correa 318 es quien recibe la corteza que transporta la correa 257, y es la encargada de llevarla hasta el triturador de corteza Saalasti 322, por esto es importante que la corteza caiga al triturador sin metales pues podría quebrar los cuchillos y representar una detención más prolongada.

La correa 318 posee un detector que al momento de reconocer un metal en medio de la corteza detiene la correa.

La idea consiste en instalar una correa auto limpiante de forma perpendicular a la correa 318 y que permita arrojar los metales fuera de la correa. La auto limpiante irá rotando y al poseer un imán en su centro atraerá los metales y una vez llegados a su extremo los arrojará a un banker fuera de la línea, debido a que se perderá el campo magnético,

Para asegurar que la correa auto limpiante cumpla su función y no sea un obstáculo en la producción es importante instalarla a una distancia que no genere tacos con la corteza que irá circulando por las correas 257 y 318.

Primero debemos tener claro cuáles son las consecuencias por dejar de astillar. Como se puede observar en la tabla n°6, la correa 318 estuvo fuera de servicio 20,25 horas (1215 minutos) debido a retiro de metales, lo que nos permite identificar el costo de oportunidad por el evento.

Como se mencionó anteriormente la línea de Eucaliptus idealmente debiese astillar 165 TH/hr de madera (Toneladas húmedas por hora). De esta forma identificamos que debido a la detención producto a presencia de metales, no se produjeron 3341,25 Toneladas húmedas de madera. Para poder obtener la relación en ADT se debe transformar las toneladas húmedas de madera a toneladas secas sin corteza (TSSC), la cual podemos observar en la siguiente ecuación:

$$TH = \frac{TSSC}{1 - \% \text{ de humedad}}$$

$$TSSC = TH * (1 - \% \text{ de humedad})$$

El porcentaje de humedad registrado por el digestor es de 45,2%.

$$\begin{aligned} TSSC &= 3.341,25 * (1 - 0,452) \\ &= 1.831 \text{ Toneladas secas sin corteza} \end{aligned}$$

La unidad de medida de la pulpa de celulosa es ADT (Air Dry Ton), el valor de venta por ADT de pulpa de celulosa de Eucaliptus es de 650 USD (dólares por ADT).

Como se conoce la relación entre TSSC y ADT podemos señalar que 1,62 Toneladas secas equivalen a 1 ADT, ya que obtuvimos que durante el periodo se dejaron de producir 1831 TSSC podemos deducir mediante la siguiente ecuación la cantidad en ADT.

$$\frac{1.831 \text{ TSSC}}{1,62 \frac{\text{TSSC}}{\text{ADT}}} = 1.130,25 \text{ ADT}$$

Como se conoce el valor de comercialización de la pulpa de celulosa, concluimos que se pudo haber obtenido 734.663 USD si se hubiese astillado, lo que convertido al valor del dólar del día que se generó el presente informe, 1 USD equivale a \$ 654,52 de acuerdo al Banco Central de Chile⁴ representaría \$ 480.851.627 (millones de pesos chilenos) y la mejora propuesta de instalar una correa auto limpiante tendría un costo de 13.800 USD, aproximadamente \$ 9.032.376, según cotización del ingeniero de operaciones.

De esta forma se espera que durante la detención de la línea para mantención en mayo de 2019 se pueda implementar la mejora y que durante el año 2019 los eventos relacionados a retiro de metales en la correa 318 disminuyan y en el mejor de los casos no vuelvan a suceder en el futuro.



Imagen N°5: Correa 318 Línea Eucaliptus.

⁴ Banco Central de Chile (2019): Indicadores diarios 21 de febrero de 2019 recuperado de <https://si3.bcentral.cl/Bdemovil/BDE/IndicadoresDiarios?menuId=MI&parentMenuName=Indicadores%20diarios&fecha=21-02-2019>

Conclusiones

Realizar inspecciones periódicas a los equipos, revisiones frecuentes a los procedimientos de operación del área y análisis de las causas que ocasionan ciertos eventos permite tener un control de los tiempos vinculados a la producción. Si bien es cierto, este tipo de compañías siempre presentan eventos inesperados, el área de Preparación Madera de Planta Arauco es bastante predecible, los eventos analizados durante el periodo de memoria han sucedido en el pasado y probablemente seguirán ocurriendo en el futuro si es que no se toman medidas al respecto. El frecuente cambio en la dirección del área combinado con la distancia del resto de las áreas de la planta incrementa el sentimiento de desatención presente en los trabajadores y que se puede ver plasmado en el aplazamiento de ciertas obras necesarias para Maderas. Si bien los últimos años las jefaturas correspondientes han intentado hacer visible el área ante el resto de la planta, queda mucho por mejorar y gestionar, para lograr esto es necesario compromiso y una participación activa de todos los trabajadores y personas pertenecientes a la compañía para dejar en evidencia que los objetivos del área van de la mano de las metas de la compañía, es decir se trabaja por un objetivo en común.

El realizar análisis de las situaciones acaecidas permite tener claridad al momento de tomar decisiones vinculadas a la gestión del área. Permite solucionar problemas que ocurran en el momento y tener un plan de acción ante situaciones vividas que se puedan repetir en el futuro. Las técnicas de la metodología Lean están presentes en la cultura del araucano, es necesario retomar con la misma fuerza con la que se implementaron y utilizar las máximo las herramientas que entrega, para tener un curso de acción en los años venideros.

La línea de Eucaliptus ha sido y seguirá siendo la línea de astillado con mas contingencias del área, principalmente por el tipo de madera que se astilla, al reconocer los eventos más comunes que ocurren en ella podemos estar preparados para disminuir los tiempos de las detenciones.

Se espera que la herramienta diseñada sea de gran utilidad al momento de conocer cuáles son los problemas más relevantes que aquejan al área. Durante el periodo de memoria se comprobó que esta disminuye el tiempo de registro de los eventos y además facilita el ingreso de éstos, siendo un aporte para las labores de los operadores líderes.

Para finalizar reitero mis agradecimientos a toda el área de Preparación Madera, por su simpatía y buena disposición durante todo mi periodo en Planta Arauco.

Referencias

- 1) Baca U., y otros (2014): Introducción a la ingeniería industrial. México. Grupo editorial Patria.
- 2) Banco Central de Chile (2019): Indicadores diarios 21 de febrero de 2019 recuperado de <https://si3.bcentral.cl/Bdemovil/BDE/IndicadoresDiarios?menuId=MI&parentMenuName=Indicadores%20diarios&fecha=21-02-2019>
- 3) Banco Central de Chile (2019): Indicadores diarios 21 de febrero de 2019 recuperado de <https://si3.bcentral.cl/Bdemovil/BDE/IndicadoresDiarios?menuId=MI&parentMenuName=Indicadores%20diarios&fecha=21-02-2019>
- 4) Banco Central de Chile (2019): Indicadores diarios 21 de febrero de 2019 recuperado de <https://si3.bcentral.cl/Bdemovil/BDE/IndicadoresDiarios?menuId=MI&parentMenuName=Indicadores%20diarios&fecha=21-02-2019>

arauco

INSTRUCTIVO DE USO INTERFAZ DE REGISTRO DE TIEMPOS PERDIDOS

Superintendencia de Madera
Planta Arauco (Horcones)
Celulosa Arauco y Constitución S.A.

CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCIÓN S.A.

ARAUCO es el nombre con el que se denomina al conjunto de empresas industriales, forestales y comerciales organizadas bajo la propiedad de la sociedad anónima chilena Celulosa Arauco y Constitución S.A. La sociedad se formó en 1979, por la fusión de las empresas Industrias de Celulosa Arauco S.A. y Celulosa Constitución S.A.

PATRICIO FLORES FERNANDOIS
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

Instructivo de uso de la Interfaz de registro de tiempos perdidos Planta Arauco

Para el ingreso de tiempos perdidos vaya al archivo Excel “Registro de tiempos perdidos” y dé doble click sobre este.

Al abrir el archivo se mostrará la siguiente hoja de ingreso, la cual posee un botón de color verde llamado “Formulario de ingreso”.

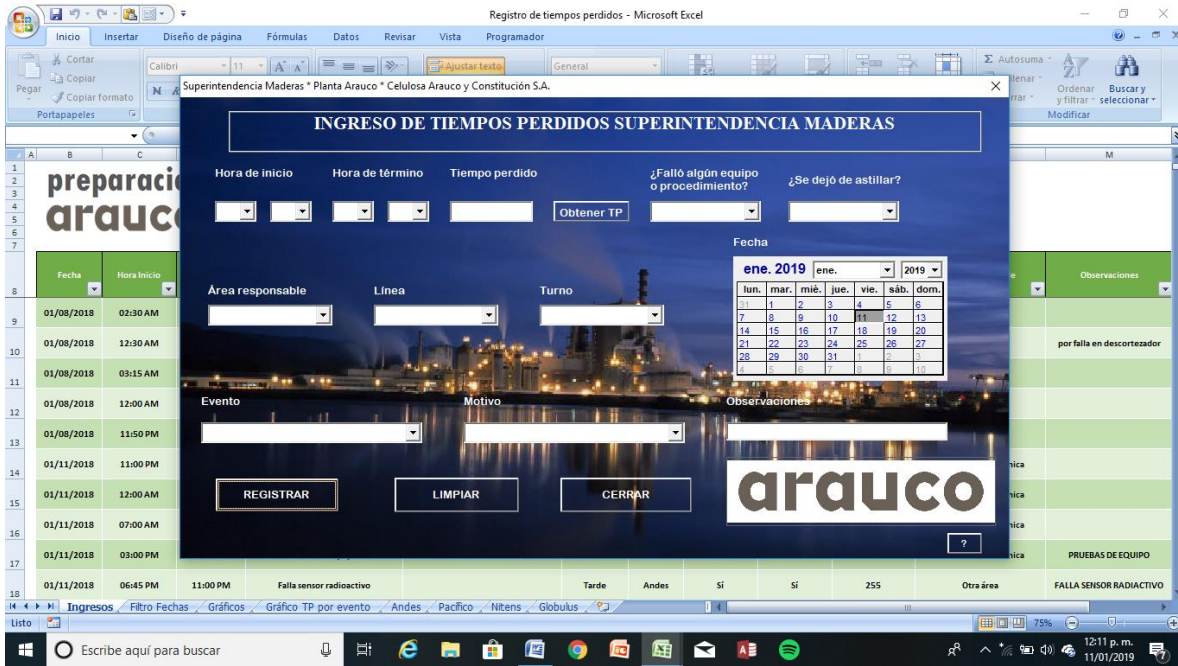
Fecha	Hora Inicio	Hora Término	Evento	Motivo	Turno	Línea	¿Falla algún equipo o procedimiento?	¿Se dejó de astillar?	Tiempo Perdido (minutos)	Área Responsable	Observaciones
01/08/2018	02:30 AM	02:40 AM	F/S correa 352	Equipo trabado	Noche	Pacífico	Sí	No	10	Operacional	
01/08/2018	12:30 AM	07:00 AM	F/S transportador entrada descortezador sistema 205	Otro Motivo [Especificar en Observaciones]	Noche	Andes	Sí	Sí	390	Operacional	por falla en descortezador
01/08/2018	03:15 AM	03:45 AM	Colación		Noche	Eucaliptus Nitens	No	Sí	30	Operacional	
01/08/2018	12:00 AM	12:20 AM	Cambio de turno		Noche	Eucaliptus Nitens	No	Sí	20	Operacional	
01/08/2018	11:50 PM	11:59 PM	Cambio de turno		Noche	Eucaliptus Nitens	No	Sí	9	Operacional	
01/11/2018	11:00 PM	11:59 PM	Mantenimiento		Noche	Andes	Sí	Sí	59	Mantenimiento mecánica	
01/11/2018	12:00 AM	07:00 AM	Mantenimiento		Noche	Andes	Sí	Sí	420	Mantenimiento mecánica	
01/11/2018	07:00 AM	03:00 PM	Mantenimiento		Día	Andes	Sí	Sí	480	Mantenimiento mecánica	
01/11/2018	03:00 PM	04:00 PM	Prueba de equipos		Tarde	Andes	No	Sí	60	Mantenimiento mecánica	PRUEBAS DE EQUIPO
01/11/2018	06:45 PM	11:00 PM	Falla sensor radioactivo		Tarde	Andes	Sí	Sí	255	Otra área	FALLA SENSOR RADIOACTIVO

**Imagen N°1: Hoja “Ingresos” en archivo Excel “Registro de tiempos perdidos”.
Fuente: Elaboración propia en base a archivo Excel “Registro de tiempos perdidos”**

La hoja cuenta con un listado de los últimos ingresos de tiempos perdidos, en donde se especifican fecha, hora de inicio, hora de término, evento, motivo, turno, línea, ¿Falla algún equipo o procedimiento?, ¿Se dejó de astillar?, tiempo perdido (minutos), área responsable y observaciones. Estas columnas se completan automáticamente desde el formulario, **NO SE DEBE** modificar las celdas de forma manual, solo a través de este formulario, el omitir esta regla puede desconfigurar la macro.

Para realizar nuevos ingresos pinche el botón “Formulario de ingreso”, automáticamente se desplegará el siguiente cuadro. (Ver Imagen N°1).

En la Imagen N°2 se señalan las partes a completar para este formulario.



**Imagen N°2: Formulario de ingreso de tiempos perdidos.
Fuente: Archivo Excel “Registro de tiempos perdidos”**

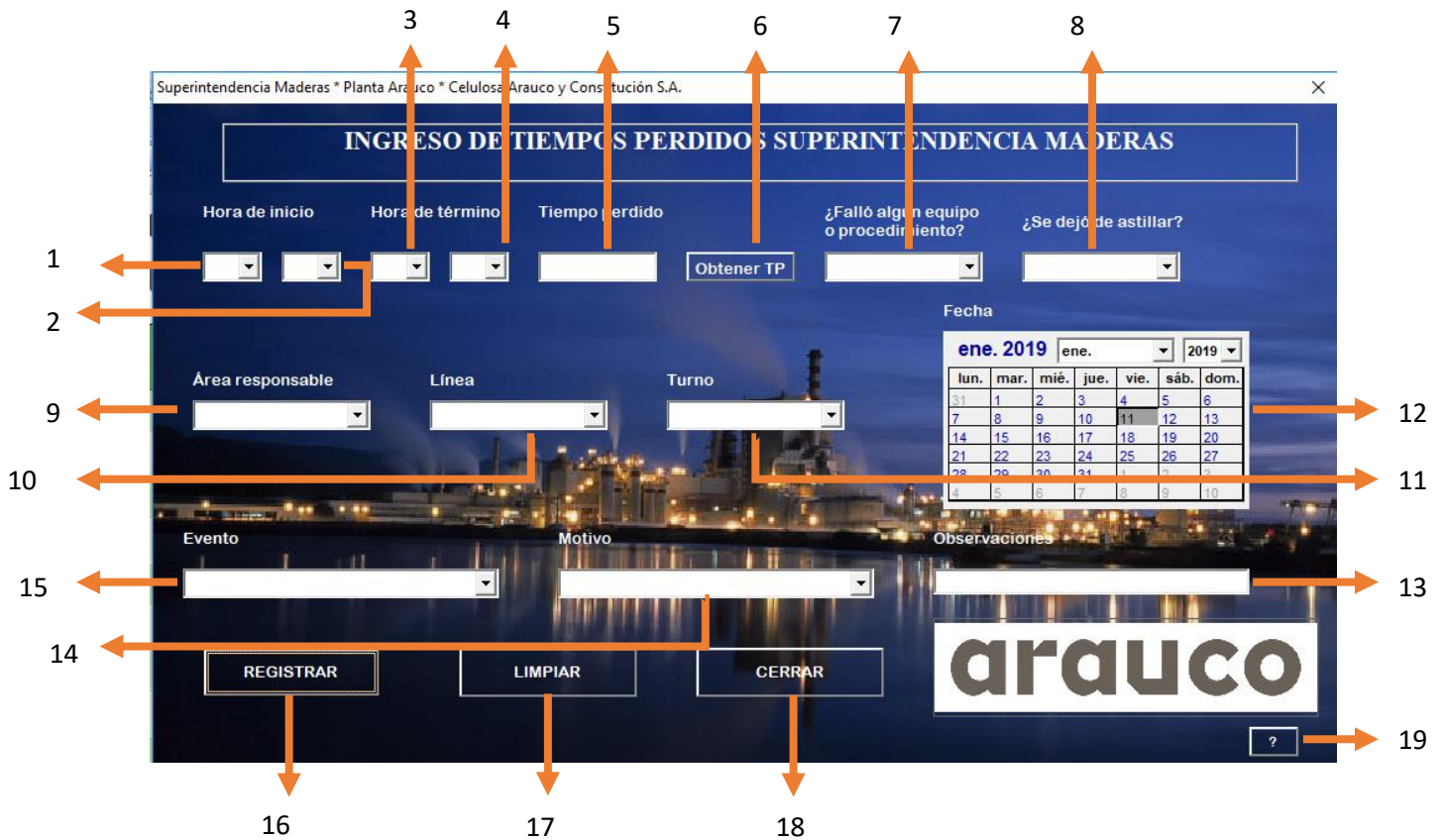


Tabla N°1: Componentes del formulario.

Elemento del formulario	Descripción
Hora de inicio (1)	Registra la hora del inicio del evento.
Minuto de inicio (2)	Registra el minuto perteneciente a la hora en que inició el evento.
Hora de término (3)	Registra la hora de término del evento.
Minuto de término (4)	Registra el minuto perteneciente a la hora en la que terminó el evento.
Tiempo perdido (5)	Señala el tiempo perdido ocasionado por el evento.
Obtener tiempo perdido (6)	Obtiene el tiempo perdido del evento.
¿Falló algún equipo o procedimiento? (7)	Señala si la interrupción se debió a fallas en algún equipo o algún procedimiento realizado.
¿Se dejó de astillar? (8)	Señala si durante la interrupción se dejó de astillar.
Área responsable (9)	Registra el área responsable de la interrupción.
Línea (10)	Registra la línea en la que ocurrió el evento.
Turno (11)	Registra el turno en el que ocurrió el evento.
Fecha (12)	Registra la fecha en la que ocurrió el evento.
Observaciones (13)	En este cuadro se permite realizar comentarios respecto al tiempo perdido que se registró.
Motivo (14)	Registra el motivo que ocasionó el evento.
Evento (15)	Registra el evento que ocasiona el tiempo perdido.
Botón registrar (16)	Registra los datos ingresados en todo el formulario.
Botón limpiar (17)	Elimina todos los datos ingresados en el formulario.
Botón cerrar (18)	Cierra el formulario y vuelve a la hoja de Excel.
Botón ayuda (19)	Este botón despliega el instructivo de uso de la interfaz de tiempos perdidos.

Fuente: Elaboración propia en base a hoja “Ingresos” del archivo “Registro de tiempos perdidos”.

Pasos para realizar un ingreso:

Para realizar un ingreso se debe llenar cada una de las casillas perteneciente al formulario, estas son de carácter obligatorio, si se deja alguna casilla en blanco la macro nos arrojará el siguiente mensaje:

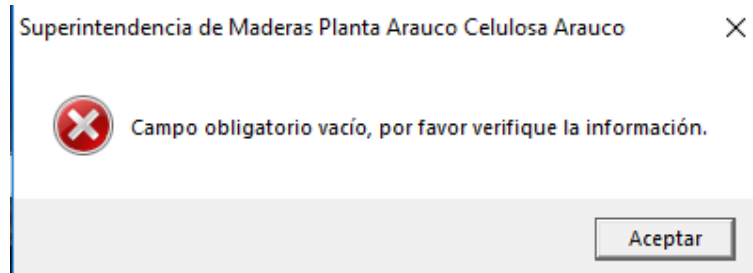


Imagen N°4: Advertencia de campos obligatorios.
Fuente: Archivo Excel “Registro de tiempos perdidos”

Se debe “Aceptar” y continuar completando las casillas que habían quedado en blanco.

Paso 1: Seleccionar la hora de inicio de la interrupción.

Aparecerá la siguiente lista desplegable (1) con alternativas de 01 a 00 (considerando las 00 horas como las 12 de la noche), todo esto en horas (Ver Imagen N°5).

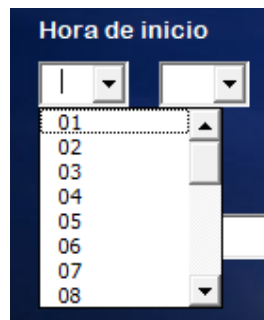


Imagen N°5: Lista desplegable de ingreso de hora en “Hora de inicio”.
Fuente: Archivo Excel “Registro de tiempos perdidos”

Paso 2: Seleccionar el minuto perteneciente a la hora de inicio de la interrupción.

Aparecerá la siguiente lista desplegable (2) con alternativas de 00 a 59, con intervalos de cinco minutos (Ver Imagen N°6).

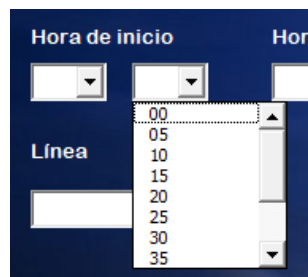


Imagen N°6: Lista desplegable de ingreso de minutos en “Hora de inicio”.
Fuente: Archivo Excel “Registro de tiempos perdidos”

Paso 3: Seleccionar la hora de término de la interrupción.

Aparecerá la siguiente lista desplegable (3) con alternativas de 01 a 00 (considerando las 00 horas como las 12 de la noche), todo esto en horas (Ver Imagen N°7).

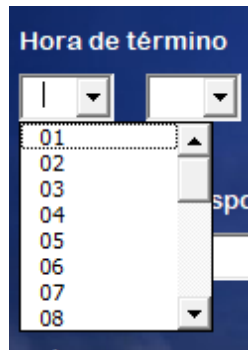


Imagen N°7: Lista desplegable de ingreso hora en “Hora de término”.
Fuente: Archivo Excel “Registro de tiempos perdidos”

Paso 4: Seleccionar el minuto perteneciente a la hora de término de la interrupción.

Aparecerá la siguiente lista desplegable (4) con alternativas de 00 a 59, con intervalos de cinco minutos (Ver Imagen N°8).

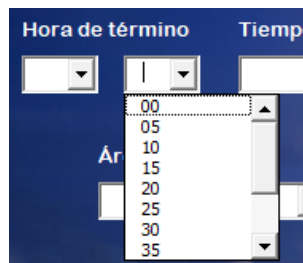


Imagen N°8: Lista desplegable de ingreso de minutos en “Hora de término”.
Fuente: Archivo Excel “Registro de tiempos perdidos”

Si se ingresa una hora de término que es anterior a la hora de inicio, nos aparecerá un cuadro de aviso para que se rectifique la hora de término, esto sucederá al dar click en el botón “Obtener TP” (6).



Error: La hora de termino no puede ser anterior a la hora de inicio. Reingresar los datos por favor.

Aceptar

Imagen N°9: Advertencia de restricción de acuerdo a hora.

Fuente: Archivo Excel “Registro de tiempos perdidos”

IMPORTANTE: Si se quiere hacer un ingreso que pase desde un día a otro, por ejemplo un ingreso que vaya desde las 23 horas hasta las 00:30 horas, debe realizarse en dos pasos. Primero realizar un ingreso desde las 23 horas hasta las 23 horas 59 minutos, y luego realizar otro registro desde las 00 horas hasta las 00:30, con el cambio de fecha correspondiente luego de las 00 horas.

Paso 5: Obtener el tiempo perdido correspondiente a la interrupción.

Al dar click en el botón “Obtener TP” (6) el cuadro de texto (5) que está a su izquierda se completa automáticamente (Ver Imagen N°10).

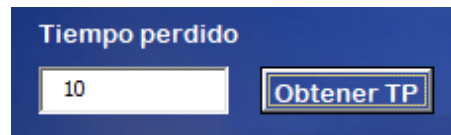


Imagen N°10: Cuadro de texto “Tiempo perdido”.

Fuente: Archivo Excel “Registro de tiempos perdidos”

Paso 6: Seleccionar fecha.

El calendario (12) aparece automáticamente en pantalla con la fecha del día en que se están ingresando datos, si se quisiese ingresar una fecha distinta se debe buscar en el calendario y dar click sobre la fecha deseada (Ver Imagen N°11).

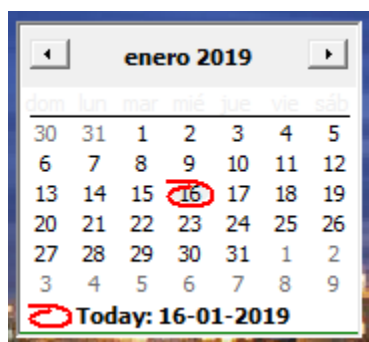


Imagen N°11: Calendario.

Fuente: Archivo Excel “Registro de tiempos perdidos”

Paso 7: Seleccionar línea.

Se debe seleccionar la línea (10) en la que ocurre la interrupción, las alternativas son Andes, Pacífico y Eucaliptus. (Ver Imagen N°12)

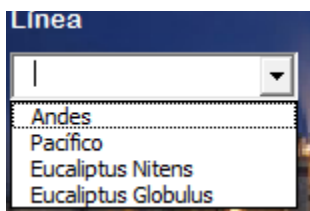


Imagen N°12: Lista desplegable de “Línea”.
Fuente: Archivo Excel “Registro de tiempos perdidos”

Paso 8: Seleccionar el área responsable.

Se debe seleccionar el área responsable (9) de la interrupción, las alternativas son Operacional, Mantenimiento mecánica, Mantenimiento eléctrica y otra área. (Ver Imagen N°13)

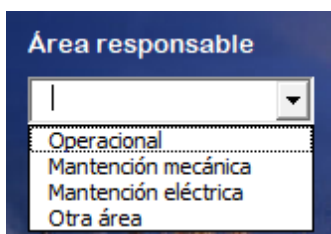


Imagen N°13: Lista desplegable de “Línea”.
Fuente: Archivo Excel “Registro de tiempos perdidos”

Paso 9: Seleccionar el turno.

Seleccionar el turno (11) en el que se genera la interrupción, las alternativas son Día, Tarde y Noche. Se debe dar click en el botón de opción que hay a la izquierda de cada etiqueta. (Ver Imagen N°14)

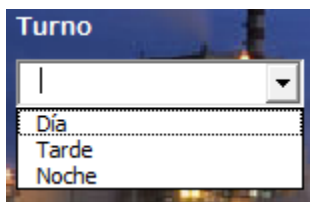


Imagen N°14: Botón de opción de “Turno”.
Fuente: Archivo Excel “Registro de tiempos perdidos”

Paso 10: Seleccionar el evento.

Seleccionar el evento (15) que genera el tiempo perdido, las alternativas difieren de acuerdo a la línea que fue seleccionada anteriormente en el paso 7. (Ver Imagen N°15)

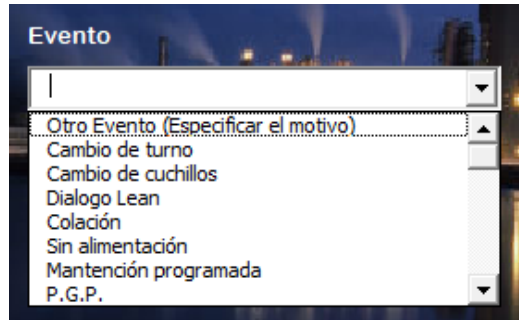


Imagen N°15: Lista desplegable de “Evento”.
Fuente: Archivo Excel “Registro de tiempos perdidos”

Si hay otro evento que no esté considerado en la lista desplegable (15) se debe especificar en la casilla Observaciones (13).

Paso 11: Señalar el Motivo.

Este cuadro de texto (14) va vinculado al evento seleccionado anteriormente, se utiliza para identificar la razón que generó el evento. En ocasiones el cuadro motivo aparecerá vacío, esto se debe a la naturaleza del evento seleccionado (Por ejemplo el evento de cambio de turno no lleva vinculado ningún motivo), en este caso si se quisiese agregar algún comentario, debe hacerse en el cuadro de texto Observaciones (13). (Ver Imagen N°16)

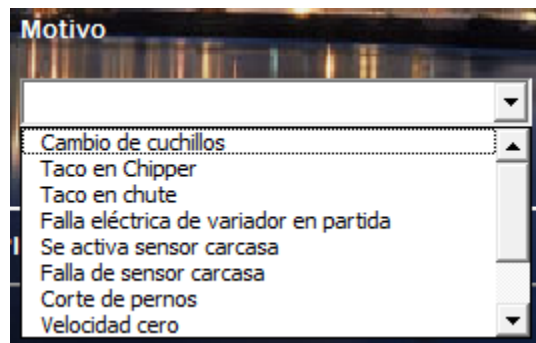


Imagen N°16: Cuadro de texto de “Motivo”.
Fuente: Archivo Excel “Registro de tiempos perdidos”

Paso 11: Observaciones.

Este cuadro de texto (13) es de carácter opcional, si con la descripción de la lista desplegable de evento (15) es suficiente entonces no es necesario completarlo, en el caso de que se quieran realizar observaciones o añadir otro evento se puede completar escribiendo el texto correspondiente. (Ver Imagen N°17)



Imagen N°17: Cuadro de texto de “Observaciones”.
Fuente: Archivo Excel “Registro de tiempos perdidos”

Paso 13: Elegir botones finales.

Si queremos registrar todos los datos que hemos ingresado en las casillas, entonces debemos dar click en el botón Registrar (16), si se quieren borrar para ingresar otros datos entonces debemos dar click en el botón Limpiar (17) e ingresar los nuevos datos, si no se quieren realizar más ingresos entonces debemos dar click en el botón Cerrar (18), de esta forma nuestro formulario desaparece y se regresa a la hoja con los registros históricos. Si quiere ver este manual de uso de la interfaz, presione el botón de Ayuda (19), desplegará este archivo en formato PDF. (Ver Imagen N°17)

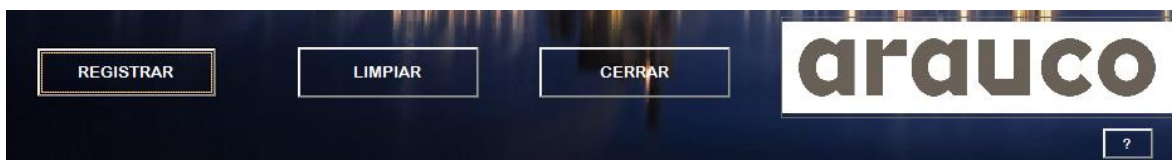
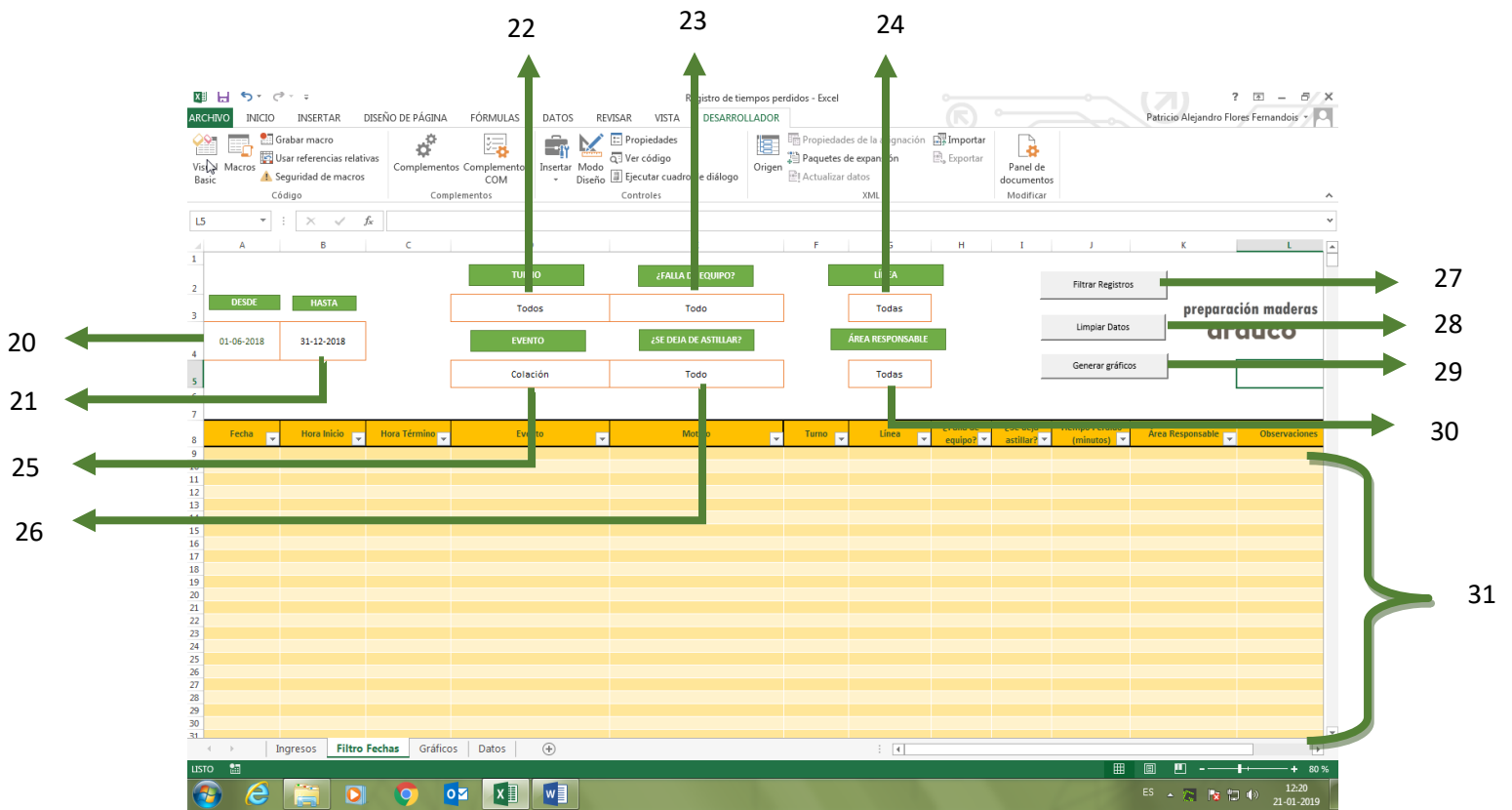


Imagen N°18: Botones finales.
Fuente: Archivo Excel “Registro de tiempos perdidos”

Los registros se pueden filtrar por si el equipo falló, si se dejó de astillar, por fechas, turnos, eventos, líneas y área responsable. Todo esto se realiza en la hoja "Filtrar registros".



**Imagen N°19: Hoja "Filtro Fechas" en archivo Excel "Registro de tiempos perdidos".
Fuente: Archivo Excel "Registro de tiempos perdidos"**

Tabla N°2: Elementos correspondientes a la hoja “Filtro Fecha”.

Elemento de la hoja de filtro	Descripción
Fecha de inicio (20)	Se debe ingresar la fecha desde la cual queremos empezar a filtrar. (Desde)
Fecha de término (21)	Se debe ingresar la fecha hasta la cual queremos filtrar. (Hasta)
Turno (22)	Se debe señalar el turno por el cual se quiere filtrar, también existe la posibilidad de considerarlos “Todos”.
¿Falla de equipo o procedimiento? (23)	Se debe señalar si el filtro es por falla del equipo o procedimiento.
Línea (24)	Se debe señalar la línea por la cual se quiere filtrar, también existe la posibilidad de considerarlas “Todas”.
Evento (25)	Se debe señalar el evento por el cual se quiere filtrar, también existe la posibilidad de considera “Todos” los eventos.
¿Se dejó de astillar? (26)	Se debe señalar si el filtro considera que se haya dejado de astillar.
Botón Filtrar Datos (27)	Botón que filtra según los aspectos señalados.
Botón Limpiar Datos (28)	Botón que elimina todos los resultados de un filtro anterior.
Botón Generar Gráficos (29)	Botón que genera gráficos circulares y de línea en la hoja “Gráficos”, para su posterior análisis.
Área responsable (30)	Se debe señalar el área responsable por la cual se quiere filtrar, también existe la posibilidad de considerarlas “Todas”.
Resultados filtrados (31)	Se enumeran todas aquellas fechas correspondientes al intervalo ingresado con (16) y (17).

Fuente: Elaboración propia en base a hoja “Filtro Fecha” del archivo “Registro de tiempos perdidos”.

Paso 1: Ingresar Fecha de inicio:

Se debe ingresar fecha de inicio (20) desde la cual se quiere empezar el filtro.

Paso 2: Ingresar Fecha de término:

Se debe ingresar fecha de término (21) hasta la cual se quiere empezar el filtro.

Paso 3: Ingresar Turno, Evento, Línea, ¿Falla?, ¿Se dejó de astillar?, Área:

Se pueden especificar todos estos aspectos si es necesario, en caso contrario deje todas las celdas en “Todo”, “Todos” o “Todas”.

Paso 4: Dar click en el botón Filtrar Datos:

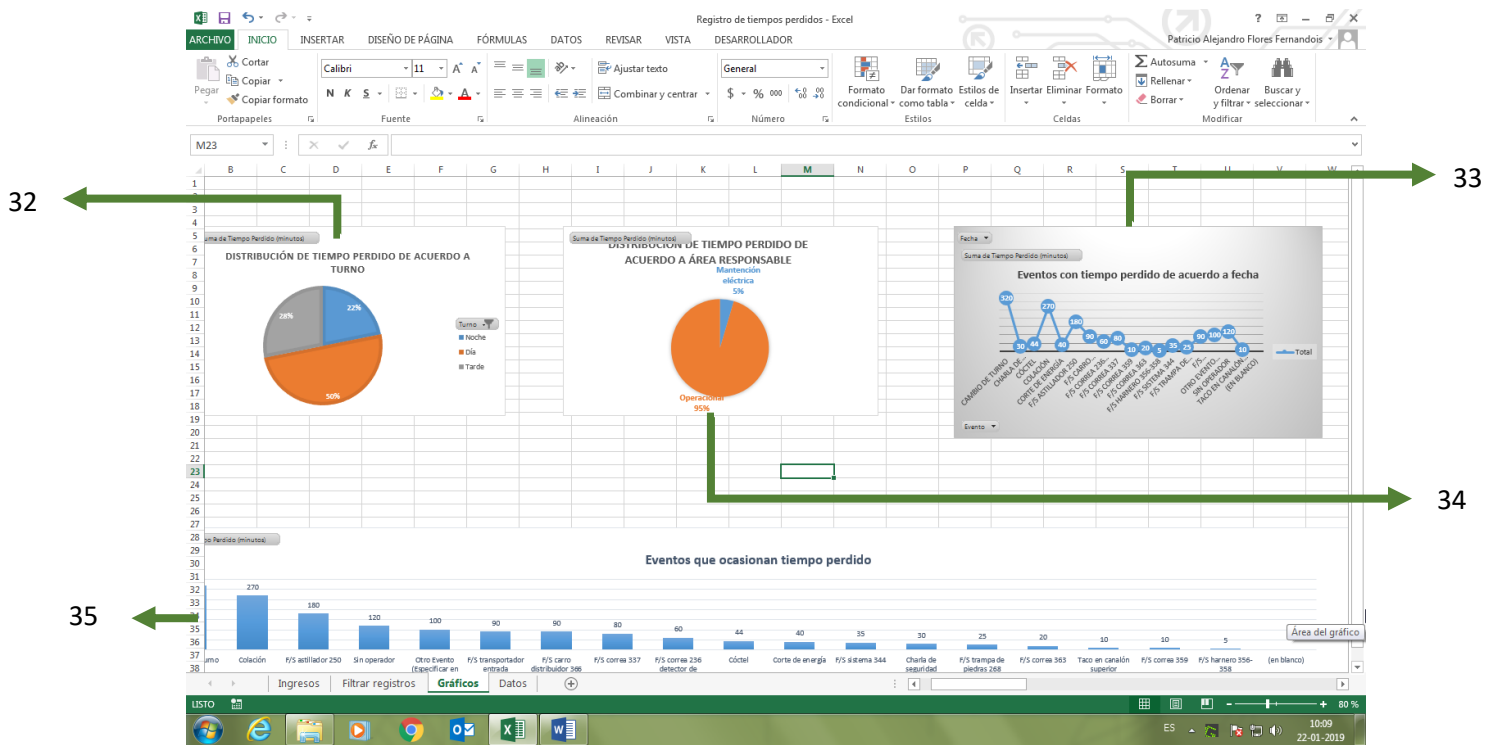
Al presionar este botón (27) se despliega una lista de todos los ingresos realizados entre las fechas estipuladas y que cumplan con los aspectos seleccionados.

Paso 5: Dar click en el botón Generar gráficos:

Al presionar este botón (29) se generan gráficos circulares y de línea en la hoja “Gráficos”, con esto se pueden sacar las conclusiones pertinentes.

Paso 5: Dar click en el botón Limpiar Datos:

Al presionar este botón (28) se eliminan todos los ingresos que habían aparecido debido al filtro aplicado, por lo tanto se puede realizar otro filtro si es requerido.



**Imagen N°20: Hoja “Gráficos” en archivo Excel “Registro de tiempos perdidos”.
Fuente: Archivo Excel “Registro de tiempos perdidos”**

En esta hoja se pueden observar los siguientes gráficos:

Tabla N°3: Gráficos disponibles de acuerdo a la hoja “Gráficos”.

Gráficos disponibles	Descripción
Gráfico circular de distribución de tiempo perdido de acuerdo a turno (32).	Con este gráfico podemos identificar en que turnos se producen la mayor cantidad de interrupciones con resultado de tiempo perdido, para la posterior toma de decisiones.
Gráfico eventos con tiempo perdido de acuerdo a fecha (33).	Con este gráfico podemos identificar los eventos que ocasionan tiempo perdido de acuerdo a la fecha (mediante el filtro que aparece en la parte superior del gráfico podemos controlar el intervalo de fechas que necesitamos y agrupar de acuerdo a días, semanas, meses o años).
Gráfico circular de distribución de tiempo perdido de acuerdo a área responsable (34).	Con este gráfico podemos identificar las áreas responsables que ocasionan las interrupciones con resultado de tiempo perdido, estas pueden ser operacional, mantención eléctrica, mantención mecánica y otra área.
Eventos que ocasionan tiempo perdido (35).	En este gráfico podemos identificar los eventos que ocasionan tiempo perdido en el periodo especificado anteriormente, la distribución va de forma descendente desde izquierda a derecha.

Fuente: Elaboración propia en base a hoja “Gráficos” del archivo “Registro de tiempos perdidos”.