

# DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN SRT DE TIEMPOS IMPRODUCTIVOS PARA UNA INDUSTRIA MADERERA DEDICADA A LA PRODUCCIÓN DE MOLDURAS FINGER JOINT

DEVELOPMENT OF A SRT DOWNTIME MANAGEMENT SYSTEM IN REAL TIME FOR A MOULDING MANUFACTURING PLANT.

Fecha de recepción: 29/08/2016 // Fecha de aceptación: 02/05/2017

## Facundo Weber

Ingeniero en Industrias de la Madera – Enrique R. Zeni y CIA Esquina Corrientes-  
fweber@zeni.com.ar

## Enzo Preukschat

Ingeniero en Industrias de la Madera – Enrique R. Zeni y CIA Esquina Corrientes-  
epreukschat@zeni.com.ar

## Marcelo Marek

Docente, Facultad de Ciencias Forestales- UNaM. Bertoni N° 124, C.P.3380, Eldorado-Misiones-Argentina.  
mmarek@facfor.unam.edu.ar

## Orlando Arenhardt

Docente, Facultad de Ciencias Forestales- UNaM. Bertoni N° 124, C.P.3380, Eldorado-Misiones-Argentina.  
oarenhardt@facfor.unam.edu.ar,

## José Luis Nucera

Docente, Facultad de Ciencias Forestales- UNaM. Bertoni N° 124, C.P.3380, Eldorado-Misiones-Argentina.  
jlnucera@facfor.unam.edu.ar

## RESUMEN

Este trabajo presenta el diseño, desarrollo e implementación del sistema de gestión informatizado de tiempo improductivo de la industria maderera Enrique R. Zeni y Cía SACIAFei. Se ha realizado el diagnóstico y evaluación del sistema anterior, identificando falencias, y se diseñó un nuevo sistema de tiempos improductivos en tiempo real (SRT) llamado GesTIO<sub>n</sub>, (por sus iniciales Gestión de Tiempo Improductivo Online). El mismo fue diseñado, programado e implementado para cumplir con Certificación ISO 9001, y apto para soportar a 13 líneas de producción, y permitiría poder relevar los tiempos improductivos en tiempo real y en forma remota desde cualquier computadora de la empresa, y por internet. Se ha contemplado que sea operado en forma automática, y por medio del propio operador de la máquina, sin necesidad de generar documentación ni dedicación exclusiva de una persona para cargar la información.

**Palabras-claves:** tiempos muertos; SRT, gestión industrial, molduras, eficiencia

## SUMMARY

This works presents the design, development and implementation of the computerized time management system of the mould industry Enrique R. Zeni y Cía SACIAFei. The diagnosis and evaluation of the previous system was made, identifying failures, and a new in real time (SRT) system was designed, called GesTIO<sub>n</sub>, (by its initials Online Management of downtime, in Spanish). It was designed, programmed and implemented to comply with ISO 9001 Norms, and able to support 13 production lines, and would allow to be able to relieve donwtimes in real time and remotely from any computer in the company, and online. It has been contemplated that it be operated in an automatic mode, and through the machine operator itself, without the need to generate documentation or specific person to load the information.

**Keywords:** SRT, facilities and industrial management, efficiency, productivity

## INTRODUCCIÓN

A partir de las últimas décadas del siglo XX, las empresas han experimentado un proceso de cambios revolucionarios, pasando de una situación de protección regulada a entornos abiertos altamente competitivos. Los indicadores son utilizados como principal herramienta para la toma de decisiones y para evaluar los recursos. Por ello la investigación y desarrollo que lleva a una nueva tecnología es fundamental en la ingeniería; y los cambios y enfoque sobre los métodos de elaboración de indicadores están en permanente cambio (KANAWATY, 1996).

Respecto a la gestión de los Tiempos Improductivos (TI), anteriormente la empresa contaba con un sistema específico, donde el oficial de máquina registraba los TI de su turno, al día siguiente estos eran ingresados a un servidor, que recopila la información de todos los sectores en una base de datos, a la cual se puede acceder y extraer reportes. Esto presentaba mucha pérdida de información, principalmente debido a que las causas que las generan, en su mayoría no eran especificadas, falta de información o una causa generalizada. Otro aspecto era la falta de precisión; y el tiempo entre su obtención, registro, hasta la toma de decisiones. Se demostró que se recababa la información en forma tardía, inadecuadamente, e incluso no se analizaba y tampoco se utilizaban para tomar decisiones.

Este trabajo muestra el diseño e implementación de un sistema de gestión integral de TI en todos los sectores de la industria, con información actualizada y en tiempo real, con una interfaz amigable para el usuario (a ser usado por el oficial de máquina). El sistema es capaz de realizar el procesamiento, análisis de datos y generación de reportes usando la plataforma de planilla de cálculo, trabajando de acuerdo a un “árbol de causas” y a los requisitos de la Norma ISO 9001 (ISO, 2008). Este sistema, por tener cierta complejidad, cuenta con diferentes niveles de acceso habilitante y restringido. También brinda la posibilidad de analizar los TI por sectores productivos, agrupados bajo causas y razones comunes; y/o discriminado por área y localización dentro del sector. El principal motivo por el cual se ha desarrollado con herramientas de Visual Basic en lugar de otros lenguaje de programación, fue la de obtener una versión Beta del sistema a bajo costo, con lenguaje que los propios usuarios conocen y manejan en forma permanente. Una vez lograda esta versión, y ya sometida a prueba, en una segunda etapa de evaluarán opciones más robustas.

Factor de uso del tiempo:

$$factordeusodeltiempo = \frac{tiempoproductivo}{tiempoplanificadodetrabajo} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Prácticamente todo el sistema se basa en la siguiente Fórmula:

$$\% detiempoimproductivo = \frac{tiempoimproductivo}{tiempoplanificadodetrabajo} \times 100 (\text{Ecuación 2})$$

## MATERIALES Y MÉTODOS

La reingeniería del sistema de TI GestION fue llevada adelante en forma multidisciplinaria, por los sectores Control de Procesos e Ingeniería de Proyectos; con el precepto de que el nuevo sistema desde cero. Se estableció se puedan aplicar e implementar herramientas de ingeniería, que le aportan robustez (BOLTON,2006).

El primer paso fue establecer el indicador a registrar y cómo hacerlo, considerando los términos y conceptos empleados cuando se estudia la utilización de las máquinas (o de la fábrica, o del proceso). La relación entre los tiempos del proceso se presenta gráficamente en Figura 1, y se definen a continuación:



Figura 1. Esquema de división de tiempos de máquina.

Figure 1. Time division scheme of machine.

Tiempo máximo de máquina: es el máximo teórico durante el cual podría funcionar una máquina o grupo de máquinas en un periodo dado, Ejemplo: 168 horas por semana o 24 por día.

Tiempo planificado de trabajo: Es aquel en que la máquina tiene quien la atiende y está planificado que esta se encuentre produciendo.

Tiempo Productivo: Es aquel tiempo en que la máquina efectivamente funciona, es el tiempo de jornada de trabajo menos los TI.

TI: es aquel en que la máquina no puede funcionar con fines de producción, se refieren tanto a las esperas de los trabajadores como las esperas de las máquinas. Es la necesidad de esperar causada por múltiples factores, incluyendo demoras de transporte, errores de máquinas, y operarios, entre otros. Para apreciar la utilización de las máquinas, la técnica más práctica de medición es midiendo su funcionamiento, que permite obtener la información más fácilmente que con el estudio de tiempos, especialmente cuando las maquinas son numerosas.

Para conocer la proporción del tiempo disponible que se utiliza como tiempo productivo, se necesita un indicador de uso del tiempo. Este indicador sirve para determinar la eficiencia del proceso (Ecuaciones 1 y 2).

Árbol de causas

Para la identificación y el análisis de problemas una de las herramientas en la gestión de procesos industriales es el “Árbol de Causas” (Figura 2). Este análisis ayuda a organizar la información recolectada y permite generar un modelo de relaciones causales que explican un evento. Para que el sistema de análisis funcione correctamente, es fundamental definir correctamente el problema, ya que si se lo identifica correctamente, de partida ya se tiene el 80% de la solución al mismo (CHASE,2009, MINOLI,2016).

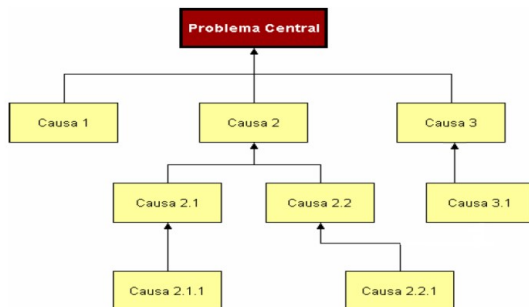


Figura 2. Diagrama Árbol de Causas.  
Figure 2. Diagram of the Tree of Causes

Diseño de sistemas, datos, interfaz, procedimientos y reportes:

Fue necesario definir el sistema con suficientes detalles como para permitir su interpretación y realización física (Diseño Lógico). El primer paso fue identificar los informes y las salidas a producir por el sistema; los datos específicos de cada uno precisa relevar, el modelo en el reporte, la pantalla de despliegue o cualquier otro medio. El diseño describe los datos calculados o almacenados, de acuerdo a procedimientos de cálculo y establecidos de acuerdo a una estructura. La interfaz comunica los datos almacenados en el sistema con los operadores y usuarios que lo emplean, basado en procedimientos de funcionamiento del sistema. Las salidas se basaron en los requerimientos de la información de la industria/dirección.

En cuanto al desarrollo de la idea del sistema, se trabajó en equipo con el departamento de Sistemas, instalando una Computadora Personal (PC) en cada puesto de trabajo, al alcance del oficial de máquina, conectándolo a la red Ethernet en red con un servidor central.

Macro y VBA

Como ya se mencionó en la introducción, se usó el lenguaje de programación BVA (Visual Basic for Applications®), de Microsoft Office®, por su menor costo, pero que añaden posibilidades casi ilimitadas aún para programadores no expertos. Resulta fácil de utilizar para aquel usuario que necesita más recursos. El VBA y macros ha permitido automatizar rutinas y tareas repetitivas a partir de una hoja o una base de

datos; a la vez que permite a los usuarios personalizar, automatizar y ampliar las funciones de cualquier aplicación (Figura 3).

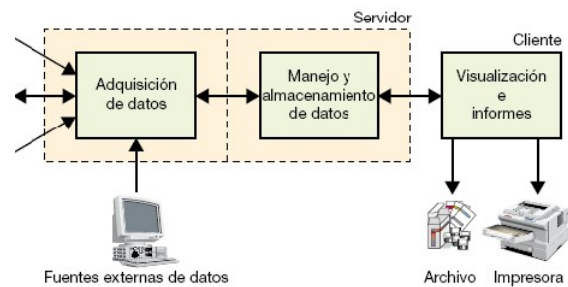


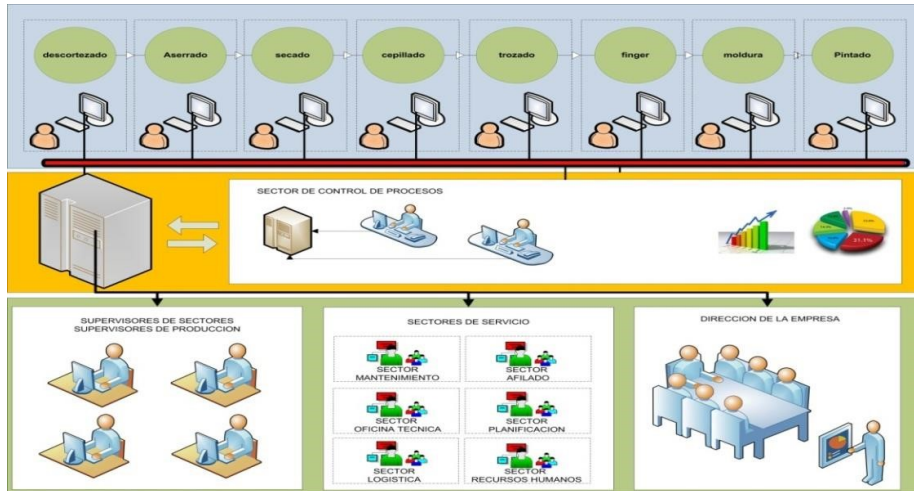
Figura 3. Partes del sistema GestION, funcionamiento y diseño.  
Figure 3. Parts of the GestION system, operation and design

El sistema consta de una computadora ubicada en cada línea de producción, conectada a la red Ethernet. A través de PC, se accede a la base de datos central, desde donde se ejecuta el software de entrada de datos (allí son almacenados los TI registrados). Cada cliente, desde su máquina ejecuta el software de análisis de datos, y así puede consultar los TI de toda la planta (Figura 4)

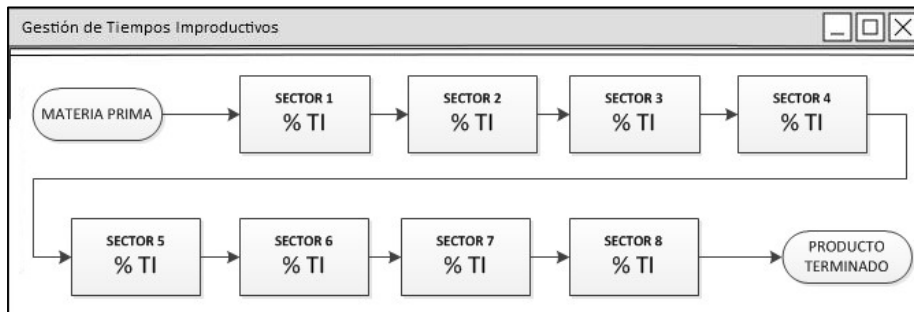
Prototipo de salida de datos

Para la salida de datos del sistema cuenta con dos modelos de reportes. 1) informe general de planta, donde se podrá ver de forma resumida el estado de tiempos improductivos de los sectores de la planta (Figura 4 y 5).

Reporte el usuario: Presenta la información a través de un software de análisis, que presentara gráficamente los resultados agrupados (Figura 6).



**Figura 4. Diseño arquitectónico del sistema**  
**Figure 4. Architectural design of the system**



**Figura 5. Diseño interfaz reporte general de planta.**  
**Figure 5. Design interface general plant report**



**Figura 6 - Diseño interfaz reporte sectorizado**  
**Figure 6. Design sector report interface**

Editor de Visual Basic

En la Figura 7 se observa, del lado izquierdo, la pantalla en Excel y, del lado derecho, la pantalla del editor de VBA, esta es la estructura básica de programación del sistema GesTIOOn.

El usuario visualiza solamente las tres primeras pestañas, con las cuales comanda el sistema, vinculadas a celdas con validaciones de datos, celdas de cálculos y botones de comando que ejecutan rutinas VBA (Figura 8).

El sistema cuenta con validación para impedir que los usuarios ingresen datos incorrectos.

Opción de medición automática

El sistema se diseñó con un módulo de medición automática en la máquina principal de

aserradero, mensurando el flujo de materiales en el proceso. Este sensor lo monitorea durante el turno de producción y envía información a un Controlador Lógico Programable (CLP o PLC), detectando cualquier interrupción como un evento o *id*. Esto establece el inicio de un tiempo improductivo. El operador de la máquina industrial de aserradero únicamente debe intervenir para asignar una causa a cada evento *id* (predefinida según el árbol de causas) y un área (predefinido según el esquema de áreas y localizaciones). Una vez que definido esto, el operario podrá enviar los datos mediante una red informática a una base de datos en servidor central (Figura 9).

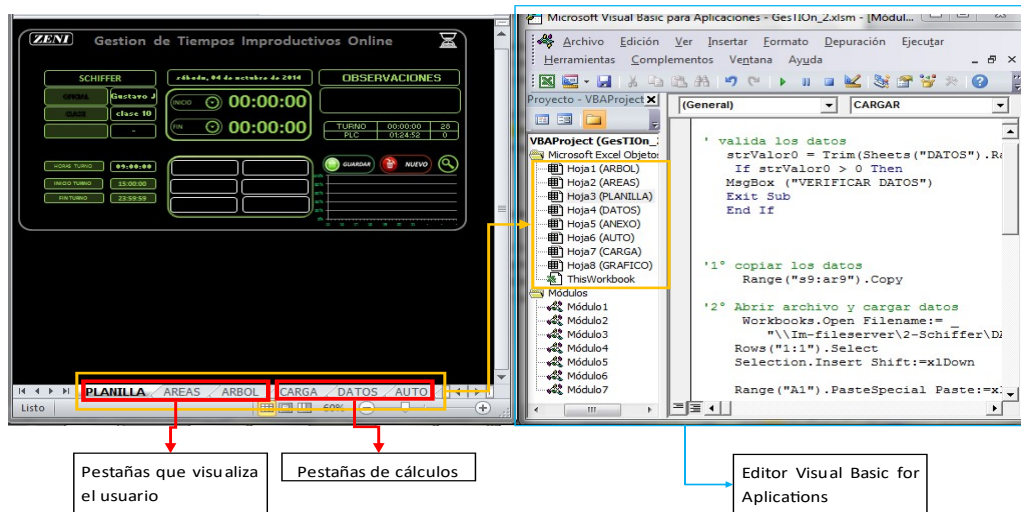


Figura 7. Captura de pantalla Excel y programación VBA  
Figure 7. Screenshot of Excel and VBA programming

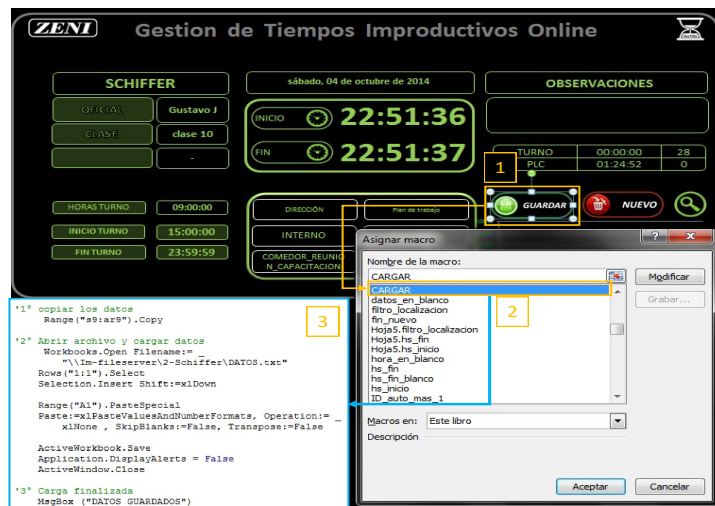
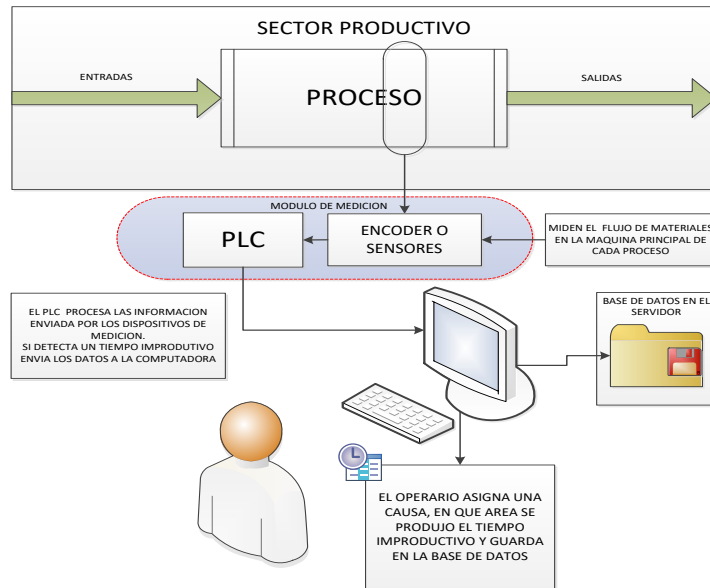


Figura 8. Ejemplo de asignar macro a una imagen de Excel.  
Figure 8. Example of assigning macro to an Excel image.



**Figura 9. Esquema de funcionamiento del modulo automático de medición**  
**Figure 9. Schematic of the operation of the automatic measuring module**

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El principal resultado de este trabajo lo constituye el sistema diseñado, escrito en soporte informático e implementado en 13 líneas de producción de la empresa. Se reitera la importancia de que es un sistema operado por el propio operador del aserradero para le entrada de datos, y se ha dado énfasis a la facilidad de operarlo para aquel que no está familiarizado a la informática. Por ello se presentan sus componentes básicos y comunes, que se citan a continuación.

### Módulo de entrada de datos en Operación

El sistema permite al usuario operar gráficamente mediante botones que puede pulsar por medio de dispositivos periféricos, ejecutando rutinas en VBA que lo van guiando a través de pantalla gráficas registrando el evento (en cada sector de producción). Este usuario, que es el operario de la máquina industrial, cuenta con el acceso directo al software.

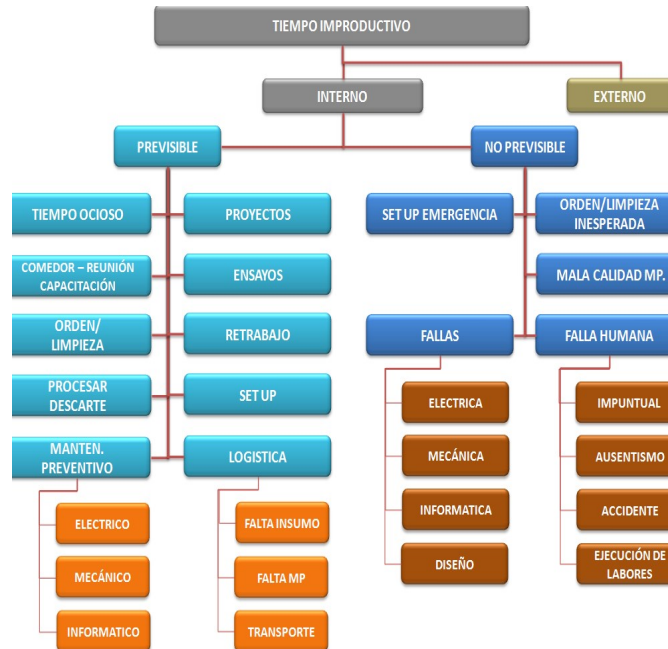
Al iniciar el programa, el usuario completa los campos que son obligatorios: oficial; rango/clase/espesor de entrada de materia prima; proveedor/ancho y horas del turno, y ya está habilitado para la carga de tiempo improductivo. Puede captar los TI automáticamente importando datos del módulo de medición (horario de inicio y fin de la parada), los que aparecerá al reanudar la producción (Figura 10).



**Figura 10. Pantalla con señal de alerta de TI detectado por el sistema de medición automática.**  
**Figure 10. Display with TI alert signal detected by the automatic measurement system.**

Una vez asignada el área y localización del evento, el usuario, deberá asignar el motivo mediante la ayuda del árbol de causas (Figura 11)

Cada dato se almacena con una codificación de 25 campos en forma de filas separados por tabulación para cada evento. Cada dato tendrá un significado en función del orden en el que se encuentre, en el momento del análisis. Se realiza esto en 13 sectores diferentes de la empresa. Figura 12.



**Figura 11. Interfaz Arbol de Causas**  
**Figure 11. Causes Tree Interface**

Codificación de los 25 Campos registrados por cada Evento			
1	Fecha	10	Localización
2	Duración turno	11	Criticidad
3	Oficial	12	Origen del Evento
4	Sector	13	Previsibilidad
5	Hora inicio turno	14	Causa
6	Hora fin turno	15	Razon
7	Hora inicio evento	16	Observaciones
8	Hora fin evento	17	Producto en Proceso
9	Área	18	Duracion del T.I.
		19	Fecha_Turno
		20	Semana_Turno
		21	Mes_Turno
		22	Eventos PLC
		23	Eventos Registrados
		24	TI PLC
		25	TI Registrado

**Figura 12. Codificación de campos**  
**Figure 12. Field coding**

**Reportes generados por el sistema**

La información es presentada mediante un software de procesamiento, análisis de datos y generación de reportes. Con este, se podrá consultar información procesada y generar reportes con posibilidad de impresión. A través de Ethernet, se puede realizar consultas a tiempo real, desde cualquier parte de la empresa (datos procesados y sin procesar); para diferentes niveles jerárquicos del organigrama. Por este motivo, se desarrollaron 3 niveles de análisis de datos. 1) General de planta, 2) Por línea de producción, y 3) Sectores de Servicio (Figura 13 y 14) según Weber y Preukschat (2014).

Si el usuario puede seleccionar varias opciones de informes, por ejemplo la evolución diaria (Figura 15).

El reporte por línea de producción fue desarrollado para el uso de Supervisores. Donde cada

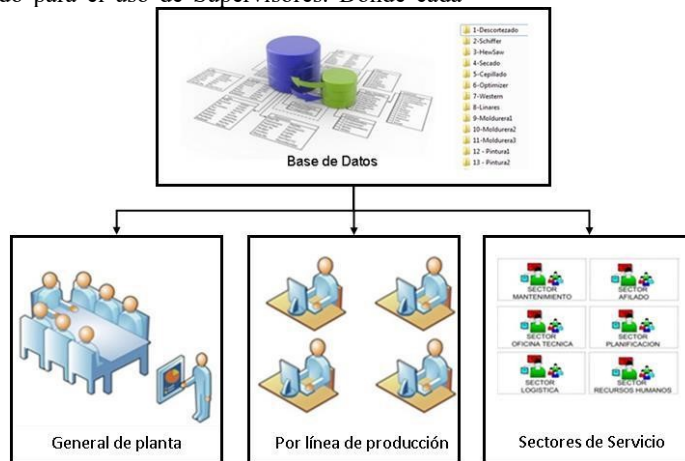
línea de producción posee su plantilla de análisis. Se puede seleccionar el sector de interés; y al abrir el archivo seleccionado, el usuario se encuentra con la Figura 16.

**TI discriminados por áreas y localizaciones del sector**

El usuario selecciona los TI de una determinada semana o periodo específico y puede tildar o destildar los días en función a de su interés (Figura 17).

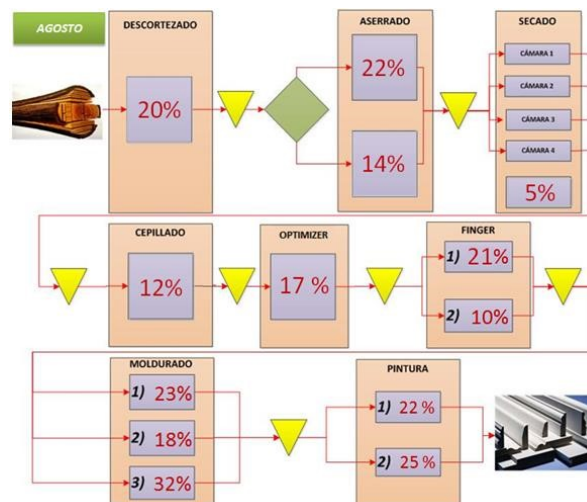
**TI discriminados en el Árbol de Causas**

El usuario cliente puede consultar entre fechas, mediante un reporte estructurado de acuerdo a un diagrama de áreas, facilitando la interpretación de la información procesada. Figura 18.



**Figura 13. Salidas del sistema GesTIO**

**Figure 13. Outputs from the GesTIO system**



**Figura14. Reporte general de planta**

**Figure14. General report of plant**



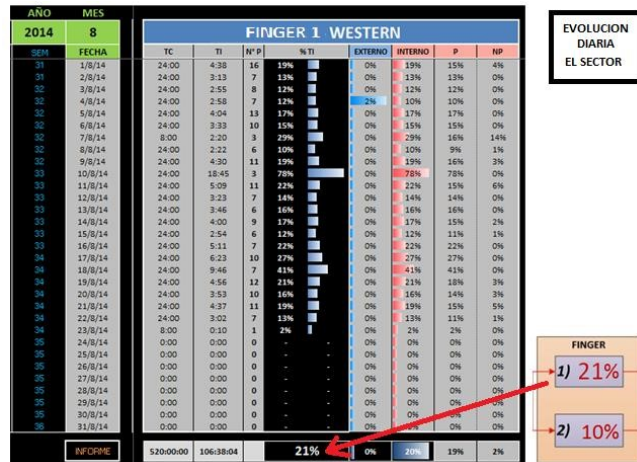


Figura 15. Evolución diaria del sector  
Figure 15. Daily evolution of the sector



Figura 16. Pantalla de inicio del análisis por sector  
Figure 16. Start screen of the analysis by sector

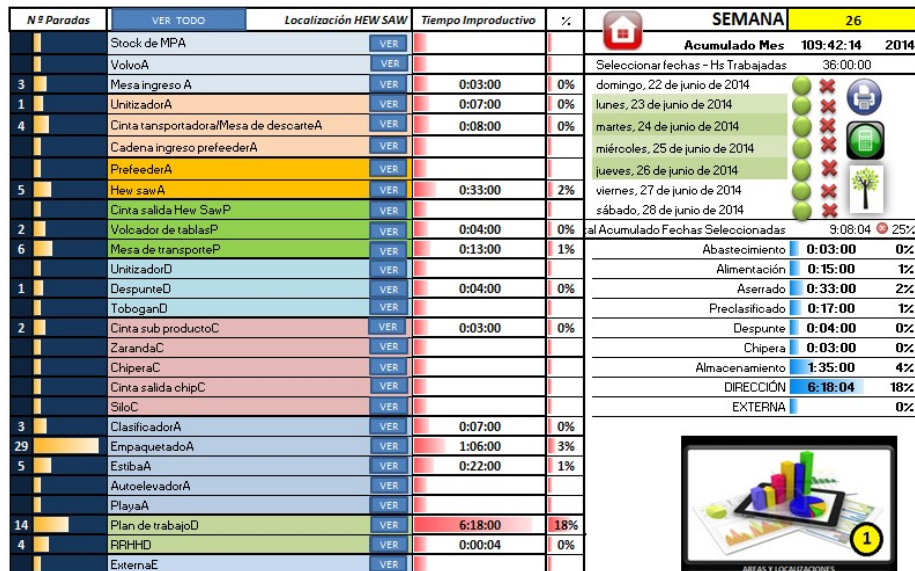
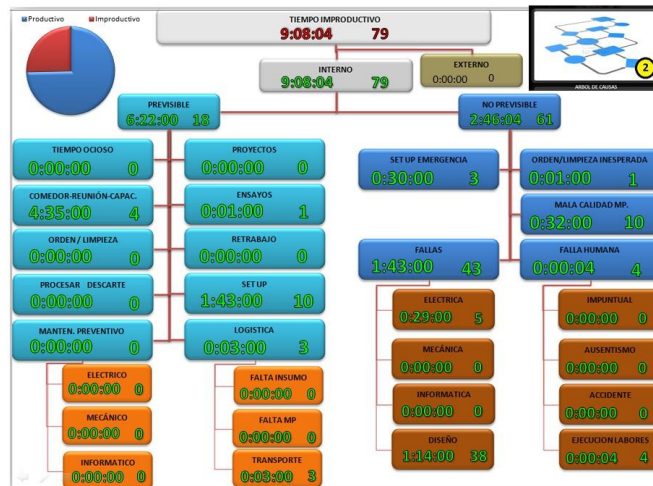


Figura 17. Reporte Áreas y Localizaciones  
Figure 17. Report Areas and Locations



**Figura 18. Reporte árbol de causas**  
**Figure 18. Causes tree report**

El reporte para la Gerencia y Dirección, presenta un diagrama de flujo, contemplando las 13 líneas que componen el proceso de producción de molduras prime, partiendo desde la madera en rollo, hasta finalizar con el producto terminado. Este se presenta como una pantalla principal, con el porcentaje de TI de cada línea, correspondiente al mes en curso.

El segundo software de análisis es para el uso de supervisores, donde se puede filtrar cada sector específico. Al ser tan específico, varía el tipo de análisis en particular.

Todos los usuarios fueron capacitados en el uso del sistema, con su documentación correspondiente. Y el sistema de salidas de datos se encuentra completamente desarrollado y en uso. En todos los casos, existe la opción de acceder a la base de datos de cada sector, con la opción de aplicar filtros

Como último aspecto se puede mencionar que se ha logrado el principal resultado, es que el sistema se encuentra en funcionamiento, lo que demuestra la capacidad del software desarrollado para ejecutar las tareas.

## CONCLUSIONES

El sistema se encuentra instalado y en funcionamiento. Se ha convertido en una herramienta tecnológica eficiente y ágil que almacena y entrega información estructurada, fiable, oportuna y en tiempo real respecto al factor de uso del tiempo en los sectores productivos. Los indicadores en tiempo real permiten llevar un control turno a turno, pero sin duda sus grandes aportes han sido enfocados hacia la gestión de TI de la industria, dando información sobre cuáles son los problemas más urgentes a solucionar y más aún, discriminado por causas de dichos problemas.

El manejo de la información permite gestionar los TI y contribuir con información a la dirección de la

empresa, para tomar acciones e intentar reducirlos. El sistema GesTIOOn está totalmente implementado en todas las líneas de producción de molduras, con medición automática. Uno de los principales factores del éxito de este trabajo, fue el involucramiento y compromiso de los usuarios, tener en mente éste factor desde el inicio del trabajo fue fundamental para reducir la resistencia al cambio.

Una de las mayores dificultades fue exigencia de que el operador de la máquina pueda usarlo correctamente. En la implementación, se pasó de registrar en planillas en papel, con muchas causas definidos a criterio personal, y únicamente tiempos muertos mayores a 4-5 minutos; a la exigencia de un registro por medio de un sistema informático que detecta todo TI mayor a 1 minuto, de manera automática mediante sensores. Esto obligó a dedicar una gran cantidad de esfuerzo al desarrollo de la interfaz de fácil uso, y a los programas de capacitación, evaluación y seguimiento al usuario. Finalmente el trabajo fue exitoso, ya que también se ha podido generar la documentación necesaria cumpliendo con requisitos de la norma internacional ISO 9001, obtener resultados satisfactorios ya que lograron adaptarse a esta nueva aplicación.

## BIBLIOGRAFÍA

MINOLI, R. (2016). Análisis de tiempos improductivos en una industria de fábricas de molduras pintadas- Asora Revista N° 123 Año 21. ISSN 0328-8803. Disponible en internet: <http://www.asorarevista.com.ar/>

BOLTON, W. (2006). Ingeniería de Control. México: Alfaomega.

CHASE, R. B. (2009). Administración de Operaciones - Producción y Cadena de Suministros. México DF: The McGraw-Hill Companies.

ISO, INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. Norma ISO 9001.

KANAWATY, G. (1996). Introducción al estudio del trabajo. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo.

WEBER, F. Y PREUKSCHAT, E.; 2014. Desarrollo de un sistema de Gestión de Tiempos Improductivos en Línea para una industria maderera dedicada a la producción de Molduras Finger Joint Pintadas. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Forestales-UNaM