

**DECANATURA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
FORMATO DE ENTREGA TRABAJO DE GRADO**

Fecha de entrega: 5 agosto de 2020

Estudiante: Gabriel Antonio Combariza Pacheco

Director: Joan Paola Cruz

Codirector: Ivonne Angélica Castiblanco Jiménez

El presente documento avala la entrega del trabajo de grado por parte del director y codirector.

Documentos anexos: copia digital del Trabajo de Grado (1).

JOAN PAOLA CRUZ G.

Firma Director

Ivonne Angélica Castiblanco Jiménez

Firma Codirector

GABRIEL ANTONIO COMBARIZA PACHECO

Firma Estudiante

Desarrollo de un modelo de gestión basado en pilares de World Class Manufacturing para un Laboratorio de Procesos Industriales. Caso de Estudio: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito

Gabriel Antonio Combariza Pacheco

**Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
Decanatura de Ingeniería Industrial
Maestría en Ingeniería Industrial
Bogotá D.C., Colombia
2020**

Desarrollo de un modelo de gestión basado en pilares de World Class Manufacturing para un Laboratorio de Procesos Industriales. Caso de Estudio: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito

Gabriel Antonio Combariza Pacheco

Trabajo de grado para optar al título de
Magíster en Ingeniería Industrial

Director
Joan Paola Cruz
Magíster en Ingeniería Industrial

Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
Decanatura de Ingeniería Industrial
Maestría en Ingeniería Industrial
Bogotá D.C., Colombia
2020

© Únicamente se puede usar el contenido de las publicaciones para propósitos de información. No se debe copiar, enviar, recortar, transmitir o redistribuir este material para propósitos comerciales sin la autorización de la Escuela Colombiana de Ingeniería. Cuando se use el material de la Escuela se debe incluir la siguiente nota “Derechos reservados a Escuela Colombiana de Ingeniería” en cualquier copia en un lugar visible. Y el material no se debe notificar sin el permiso de la Escuela.

Publicado en 2013 por la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Avenida 13 No 205-59 Bogotá, Colombia
TEL: +57 – 1 668 36 00

Reconocimiento o Agradecimientos

Primero a Dios le agradezco por la oportunidad de vivir y ser, a mis Padres por su ejemplo, a mis hermanos por su apoyo, a mi esposa por ser el soporte fundamental de mi proyecto de vida y por darme los tres mejores motivos para superarme todos los días; también agradezco a mis Directoras Joan Paola e Ivonne por guiarme pacientemente hacia el logro de mis objetivos.

Resumen

Los laboratorios y talleres de procesos industriales de las Instituciones de Educación Superior IES buscan estar a la vanguardia en cuanto a tecnología, instalaciones, personal, procesos y mantenimiento. Lo anterior implica que deben realizar una labor de gestión apropiada, dado que un espacio moderno sin un modelo administrativo acorde a la demanda, podría verse como una serie de esfuerzos e inversiones injustificadas y pérdidas.

La falta de orientación del servicio hacia el cliente, el desorden y la presencia constante de residuos, la falta de flexibilidad en las operaciones y la desintegración en los servicios, contribuyen a que se reduzca la competitividad y productividad de los laboratorios según Poor, Kocisko, y Krhel (2016). El laboratorio de procesos industriales del presente caso de estudio busca incrementar su competitividad mediante el desarrollo de una herramienta que contribuya en gestionar con éxito su funcionamiento, de acuerdo con las experiencias manifestadas por la dirección y sus usuarios.

El presente trabajo se lleva a cabo mediante una adaptación de la fase de desarrollo del concepto de la metodología de Ulrich (2009), donde por medio de la aplicación de entrevistas y encuestas a los stakeholders del laboratorio, se determinan sus necesidades principales e identifican y definen los procesos que allí se desarrollan para posteriormente ser incluidos en la adaptación y el desarrollo del modelo basado en pilares de World Class Manufacturing WCM. El mantenimiento de la maquinaria, equipos y herramientas, es la necesidad más apremiante en los procesos de mecanizado y torno, los cuales se llevan a cabo más de una vez por semana para la normal ejecución de las actividades académicas de la IES.

Abstract

The laboratories and workshops of industrial processes of the Institutions of Higher Education IES seek to be at the forefront in terms of technology, facilities, personnel, processes and maintenance. This implies that they must carry out appropriate management work, since a modern space without an administrative model according to demand, could be seen as a series of efforts and unjustified and lost investments.

The lack of orientation of the service towards the client, the disorder and the constant presence of waste, the lack of flexibility in operations and the disintegration of services, contribute to reducing the competitiveness and productivity of laboratories according to Poor, Kocisko, and Krhel (2016). The industrial processes laboratory of this case study seeks to increase its competitiveness by developing a tool that contributes to successfully managing its operation, in accordance with the experiences expressed by management and its users.

This work is carried out through an adaptation of the development phase of the concept of Ulrich's methodology (2009), where through the application of interviews and surveys to the stakeholders of the laboratory, their main needs are determined and they identify and they define the processes that are developed there to later be included in the adaptation and development of the model based on World Class Manufacturing WCM pillars. The maintenance of machinery, equipment and tools is the most pressing need in the machining and lathe processes, which are carried out more than once a week for the normal execution of the academic activities in the IES.

Tabla de contenido

Lista de Figuras

Lista de Tablas

1	INTRODUCCIÓN.....	7
	PROBLEMÁTICA (JUSTIFICACIÓN).....	7
	OBJETIVOS Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	8
	ALCANCE Y LIMITACIONES.....	8
	METODOLOGÍA.....	11
2	IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE NECESIDADES DE STAKEHOLDERS Y PROCESOS PARA DESARROLLAR UN MODELO DE GESTIÓN EN UN LABORATORIO DE PROCESOS INDUSTRIALES.....	13
	DETERMINACIÓN DE LAS NECESIDADES DE LOS STAKEHOLDERS DEL LABORATORIO DE PROCESOS INDUSTRIALES DE LA IES.....	13
	PREGUNTAS DE LA ENCUESTA	18
	- <i>¿De qué programa y qué tipo de usuario es usted del Laboratorio de Procesos Industriales de la Escuela?</i>	18
	2.1.1 <i>Tipo de usuario del laboratorio</i>	19
	2.1.2 <i>Áreas Utilizadas en el Laboratorio</i>	20
	2.1.3 <i>Usos del Laboratorio</i>	21
	2.1.4 <i>Frecuencia de Uso del Laboratorio</i>	21
	2.1.5 <i>Satisfacción de los Usuarios del Laboratorio</i>	22
	2.1.6 <i>Aspectos a Mejorar en el Laboratorio</i>	22
	2.1.7 <i>Comentarios y Sugerencias del Laboratorio</i>	23
	IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE LOS PROCESOS, NORMAS Y MANUALES QUE SE DESARROLLAN EN EL LABORATORIO	24
3	DESARROLLO DE UN MODELO WCM BASADO EN LOS PILARES DE: MANTENIMIENTO AUTÓNOMO, MANTENIMIENTO PROFESIONAL Y DESARROLLO DE LAS PERSONAS.....	27
	MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.....	27
	3.1.1 <i>OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO:</i>	29
	3.1.2 <i>MODELO DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO DE REYES</i>	30
	3.1.3 <i>MODELO DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO DE WCM DEVELOPMENT CENTER</i>	33
	MANTENIMIENTO PROFESIONAL.....	34
	OBJETIVOS.....	34
	3.2.1 <i>MODELO DE MANTENIMIENTO PROFESIONAL</i>	35
	DESARROLLO DE LAS PERSONAS.....	37
4	MODELO WCM BASADO EN LOS PILARES DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO, MANTENIMIENTO PROFESIONAL Y DESARROLLO DE LAS PERSONAS	40
	MODELO INTEGRADO.....	40
	PRUEBA DEL MODELO.....	43

4.1.1 PILAR MANTENIMIENTO AUTONOMO.....	44
4.1.2 PILAR MANTENIMIENTO PROFESIONAL.....	51
4.1.3 DESARROLLO DE PERSONAL.....	52
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
DE LA IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE NECESIDADES DE STAKEHOLDERS Y PROCESOS:.....	58
DE LOS MODELOS DE GESTIÓN:	58
BIBLIOGRAFÍA.....	60
ABREVIACIONES.....	61
APÉNDICES	63

Lista de Figuras

Figura 1 Evolución del término de WCM.....	9
Figura 2 Pilares de WCM según Yamashina.....	10
Figura 3 Fases del proceso de desarrollo del producto.....	11
Figura 4 Actividades de la fase de desarrollo del concepto.....	11
Figura 5 Tipos de usuarios del Laboratorio de Procesos de la Escuela.....	20
Figura 6 Áreas del Laboratorio de Procesos de la Escuela.....	20
Figura 7 Usos del Laboratorio de Procesos de la Escuela.....	21
Figura 8 Frecuencia de uso del Laboratorio de Procesos de la IES.....	21
Figura 9 Satisfacción de usuarios del Laboratorio de Procesos de la IES.....	22
Figura 10 Aspectos a mejorar en el Laboratorio de Procesos de la IES.....	23
Figura 11 Comentarios acerca del Laboratorio de Procesos de la IES.....	23
Figura 12 Organigrama del Laboratorio.....	26
Figura 13 Acceso caja Norton torno paralelo.....	45
Figura 14 Orden y aseo en laboratorio de mecanizado.....	46
Figura 15 Eliminación causas de suciedad en laboratorio de mecanizado.....	46
Figura 16 Guarda de seguridad torno paralelo.....	47
Figura 17 Aseo en el protocolo de mecanizado.....	47
Figura 18 Plan de mantenimiento para mecanizado.....	48
Figura 19 Inspección de maquinaria.....	48
Figura 20 Costos de mantenimiento.....	50
Figura 21 Política de mantenimiento.....	50
Figura 22 Mantenimiento de Sistemas de un torno.....	51
Figura 23 Hoja de vida de torno paralelo.....	51
Figura 24 Lista de Componentes torno paralelo.....	52
Figura 25 Publicación de la política de mantenimiento.....	52
Figura 26 Publicación de perfil de funcionario.....	53

Lista de Tablas

Tabla 1 Stakeholders del laboratorio de procesos industriales en el primer semestre de 2019.	14
Tabla 2 Áreas en el laboratorio de procesos industriales	15
Tabla 3 Área de Manufactura en el laboratorio de procesos industriales	17
Tabla 4 Resumen de necesidades del laboratorio.....	24
Tabla 5 Procesos de gestión del laboratorio de procesos industriales	24
Tabla 6 Metodología JIPM para mantenimiento autónomo	28
Tabla 7 Modelo Mantenimiento Autónomo de Reyes	30
Tabla 8 Modelo Mantenimiento Autónomo WCM development center	34
Tabla 9 Modelo Mantenimiento Profesional	35
Tabla 10 Modelo Integrado de Mantenimiento Autónomo, Mantenimiento Profesional y Desarrollo de las Personas.....	40
Tabla 11 Clasificación de Maquinaria, herramientas y equipos.....	44

1 Introducción

Problemática (Justificación)

La falta de orientación del servicio hacia el cliente, el desorden y la presencia de constante de residuos, la falta de flexibilidad en las operaciones y la desintegración en los servicios, contribuyen a que se reduzca la competitividad y productividad en el Laboratorio de procesos industriales de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, presentándose un incremento en la cantidad de quejas del servicio, aumento en el número de incidentes y accidentes y demoras en la ejecución de las operaciones, sin que exista una herramienta que permita gestionar con éxito su funcionamiento, de acuerdo con las experiencias manifestadas por la dirección del laboratorio y otros usuarios.

Así mismo el rápido ritmo de desarrollo de la economía mundial está obligando a las empresas a adaptarse a las condiciones de la competencia mundial y encontrar formas de aplicación exitosa en un entorno de cambio constante. Los requisitos básicos de competitividad son la orientación constante del cliente, la fiabilidad y la gestión de la calidad según Poor, Kocisko, y Krhel (2016)

Por otra parte, para Poor et al, (2016) las empresas que participan en las estrategias de fabricación de clase mundial se centran en mejorar las operaciones, se esfuerzan por eliminar los desechos y crear organizaciones esbeltas. Esto a menudo resulta en una mayor productividad.

Igualmente, según De Felice, Petrillo y Monfreda (2013) utilizando la metodología WCM aumenta la flexibilidad y productividad en una ETU (Unidad de Tecnología Primaria) de Subgrupos Mecánicos en una parte del proceso de ensamblaje de la FGA en la Planta Cassino.

La necesidad de modelos de gestión se ha identificado también en laboratorios clínicos, donde se ha buscado principalmente mejorar el servicio a través de los tiempos de respuesta.

De la misma forma para Lou, Elnenacia, Sadeka, Thompson, Crocker y Nassar (2017) usando Lean como un nuevo modelo de negocio, facilita la consolidación e integración de los servicios de laboratorio para mejorar la eficiencia y reducir los costos.

También Shikhar, Gallo, Agarwal, Ellis, Khot y Kapadia (2016) sugieren que la implementación Lean Six Sigma puede beneficiar a la organización de atención médica en términos de eficiencia operativa mejorada, mayor grado de rentabilidad y una mayor calidad en los procesos en el laboratorio de cateterismo cardiaco.

Objetivos y Pregunta de Investigación

Objetivo General:

Desarrollar un modelo de gestión basado en pilares de World Class Manufacturing que permita dar un enfoque del servicio hacia el cliente, reducir desperdicios, mejorar condiciones de orden y aseo e integrar y flexibilizar las operaciones en un Laboratorio de Procesos Industriales. Caso de Estudio: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

Objetivos específicos:

Determinar las necesidades de los stakeholders del Laboratorio de Procesos Industriales de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

Identificar los procesos, normas y manuales que se desarrollan en el Laboratorio de Procesos Industriales de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito y seleccionarán los que se incluirán el modelo de gestión.

Generar los conceptos alternativos del modelo de gestión industrial basado en pilares de World Class Manufacturing para el Laboratorio de Procesos Industriales de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

Seleccionar el concepto más prometedor del modelo de gestión industrial basado en pilares de World Class Manufacturing para el Laboratorio de Procesos Industriales de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

Realizar una prueba piloto y ajustar el modelo de acuerdo con los resultados obtenidos.

Pregunta de investigación:

¿Cómo desarrollar un modelo de gestión basado en pilares de World Class Manufacturing para un Laboratorio de Procesos Industriales?

Alcance y Limitaciones

El proyecto se desarrolla en el área de mecanizado del Laboratorio de Procesos Industriales de la IES caso de estudio y llega hasta la prueba piloto y los ajustes respectivos al modelo.

Marco Teórico

Para la revisión bibliográfica se consultaron bases de datos con artículos y estudios especializados en WCM y experiencias en su implementación en laboratorios.

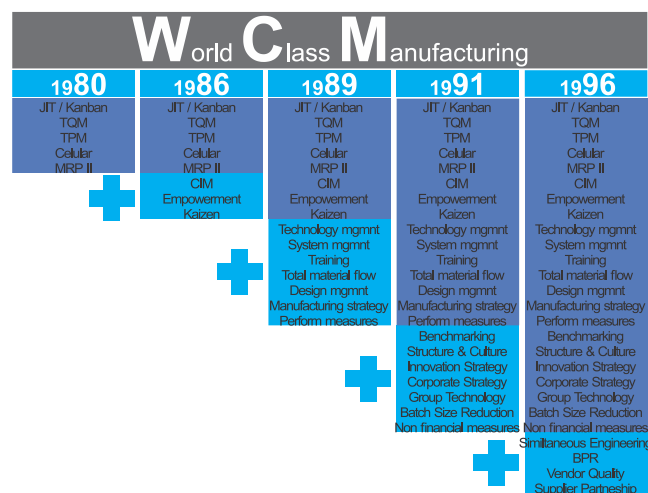
Modelos World Class Manufacturing WCM:

WCM es un sistema integral de gestión basado en la filosofía japonesa llamada Kaizen, que mejora los procesos y la calidad, reduce los costos y con una mayor flexibilidad cumple con las expectativas del cliente. Este sistema se basa en 10 pilares de actividades y 10 pilares de gestión, según Poor, Kocisko y Krhel (2016).

También afirman que el propósito de WCM es alcanzar un nivel de clase mundial estableciendo tres objetivos que son: la calidad, el costo y la entrega.

Según De Felice, Petrillo y Monfreda (2013) cuando Schonberger introdujo por primera vez el concepto de "manufactura de clase mundial", se consideró que el término abarcaba las técnicas y factores que se enumeran en la Figura 1. El aumento sustancial de las técnicas puede relacionarse en parte con la influencia creciente de las filosofías de fabricación y el éxito económico de los fabricantes japoneses desde la década de 1960 en adelante. Lo que es particularmente interesante de una revisión de la literatura es que, si bien existe un grado de solapamiento en algunas de las técnicas, es claro que, en relación con los elementos que se consideraron constitutivos de WCM en 1986, el término ha evolucionado.

Figura 1 Evolución del término de WCM.



Fuente: Felice, Petrillo y Monfreda (2013)

Según Benitez (2012) el profesor Hajime Yamashina, quien es miembro fundador, junto con compañías occidentales, de la W.C.M. Association, es hoy día reconocido internacionalmente como líder experto en WCM, ha asesorado un importante número de grandes industrias, su amplia experiencia trabajando con compañías japonesas y occidentales hace que tenga un conocimiento y percepción que le permite importar con éxito a las compañías occidentales las mejores prácticas y técnicas japonesas.

La Figura 2 representa los 10 pilares técnicos: seguridad, distribución de costos, mejora focalizada, mantenimiento autónomo, control de calidad, logística y atención al cliente, gestión temprana de equipos, desarrollo de personas y el medio ambiente, que fundamentan la metodología de WCM para Benitez (2012).

Figura 2 Pilares de WCM según Yamashina.

World Class Manufacturing									
Seguridad	Distribución de costos	Mejora focalizada	Mantenimiento autónomo	Mantenimiento profesional	Control de calidad	Logística y atención al cliente	Gestión temprana de equipos	Desarrollo de Personas	Medio Ambiente
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Fuente: Benitez (2012).

WCM en laboratorios:

Revisando en bases de datos con respecto a WCM en laboratorios y resaltando los más relevantes para el proyecto tenemos:

Para Lou, Elnenacia, Sadeka, Thompson, Crocker y Nassar (2017) en su trabajo para mejorar los tiempos en un laboratorio y mejorar su eficiencia, se basó en un modelo Lean que consistió en: 1. Configuración de laboratorio, 2. Modificaciones (de protocolos) después de la configuración del laboratorio central, 3. Sistema total de automatización de laboratorio (TLA), 4. Sistema de vehículo de vía eléctrica (ETV), 5. Proceso de Auto-verification (AV), 6. Datos sobre los tiempos de respuesta, 7. Base de datos y análisis estadístico.

Según Shikhar, Gallo, Agarwal, Ellis, Khot y Kapadia (2016) las organizaciones de salud han comenzado a aplicar algunos conceptos de Lean six sigma después de que estos han sido completamente desarrollados y probados en el sector de fabricación por grandes corporaciones

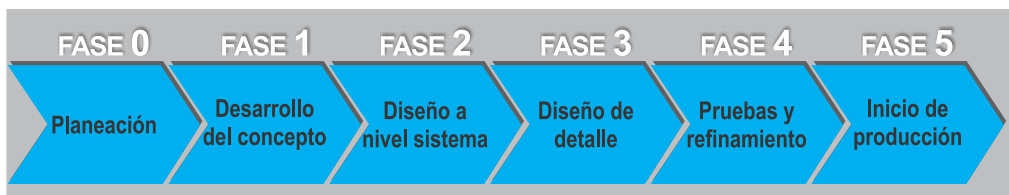
como Motorola, Toyota y General Electric. Sugieren que la implementación Lean Six Sigma puede beneficiar a la organización de atención médica en términos de eficiencia operativa mejorada, mayor grado de rentabilidad y una mayor calidad en los procesos.

Podemos notar que las investigaciones de modelos de gestión con Lean manufacturing que tuvieron resultados positivos en los laboratorios de diferentes áreas como de la salud, nos brindan herramientas y métodos que podrían llegar a ser adaptados al modelo objetivo del proyecto de este estudio.

Metodología

Según Gutiérrez (2009) la metodología de Karl T. Ulrich abarca todos los campos que intervienen en el desarrollo de un proyecto de diseño, desde el grupo de diseñadores, hasta mercadeo y finanzas. Para el proceso de desarrollo de producto, Ulrich emplea una metodología estructurada fundamentada en seis fases como se observa en la figura 1. Cada fase describe las actividades a desarrollar en los cuatro departamentos que comúnmente existen en una empresa (mercadeo; diseño; manufactura; departamento de administración, investigación y finanzas).

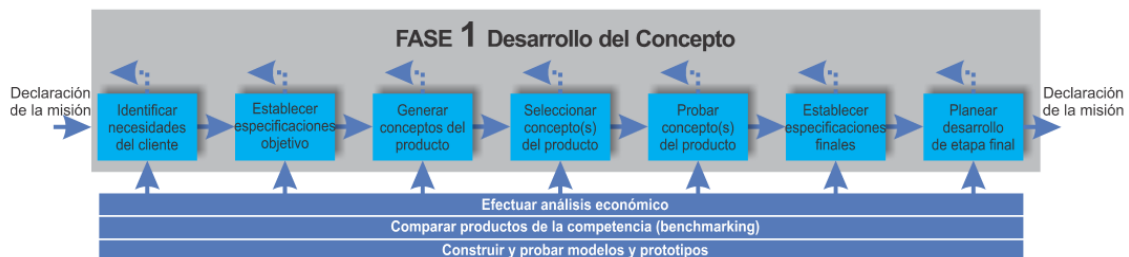
Figura 3 Fases del proceso de desarrollo del producto



Fuente: Ulrich (2009).

Ulrich (2009) incluye las siguientes actividades en la fase de desarrollo de concepto: identificar las necesidades del cliente, establecer especificaciones objetivo, generación de conceptos, selección del concepto, prueba del concepto, establecer especificaciones finales y planeación del proyecto, tal como se observa en la figura 2.

Figura 4 Actividades de la fase de desarrollo del concepto



Fuente: Ulrich (2009)

El presente estudio se encuentra enmarcado en la adaptación de las actividades de la fase 1 (Desarrollo del concepto) de la metodología de Ulrich para el proceso de desarrollo de un producto, la primera es la determinación las necesidades de los stakeholders del Laboratorio de Procesos Industriales de la IES; la segunda es la identificación de los procesos, normas y manuales que se desarrollan en el laboratorio y la selección de los que se incluirán el modelo de gestión; luego en la tercera, se generan los conceptos alternativos del modelo basado en pilares de WCM para el Laboratorio; a continuación en la cuarta, se selecciona el concepto más prometedor del modelo de gestión WCM para el Laboratorio y finalmente se realiza una prueba piloto y se ajusta el modelo de acuerdo con los resultados obtenidos.

2 Identificación y selección de necesidades de stakeholders y procesos para desarrollar un modelo de gestión en un laboratorio de procesos industriales

En el segundo semestre de 2002 empezó a funcionar el Laboratorio de procesos industriales de la IES caso de estudio, según el proyecto de formación documento base para registro calificado, en el 2004 contaba con tres áreas: área de operaciones industriales, área de simulación de procesos y área de manufactura; semanalmente 645 estudiantes de ingeniería industrial asistían a realizar prácticas, ocasionalmente también era utilizado por estudiantes de ingeniería eléctrica, civil, sistemas y electrónica.

Actualmente, en el primer semestre de 2020, el laboratorio de procesos industriales de la IES se encuentra ubicado en el bloque L-2 de sus instalaciones.

Las herramientas utilizadas para la recolección de información fueron la encuesta y la entrevista, ya que estas permiten obtener la información directa de los usuarios, además de tener un cuestionario estándar para todos, es muy práctico para ser aplicado, permite recoger información de usuarios que desean hacerlo de manera anónima y permite un tratamiento de datos convirtiéndolos de manera cuantitativa a cualitativa además de la rapidez en que se pueda aplicar.

Para comenzar el estudio cualitativo y descriptivo, y con el fin de obtener información acerca de la percepción que tienen los usuarios del laboratorio de procesos, se diseñó una encuesta virtual anexo 1 con 6 preguntas y un espacio para comentarios adicionales personales, la cual fue diligenciada entre el 6 y el 31 de octubre de 2018 por un total de 90 usuarios.

A través de entrevistas personales con directivas del laboratorio se determinaron además de los procesos que actualmente se realizan en el laboratorio, el organigrama del funcionamiento y las normas con las que se rige.

A continuación, se relacionan los resultados de la ejecución de las actividades de determinación las necesidades de los stakeholders del Laboratorio de Procesos Industriales de la IES; y la identificación de los procesos, normas y manuales que se desarrollan en el laboratorio y la selección de los que se incluirán el modelo de gestión.

Determinación de las Necesidades de los stakeholders del Laboratorio de Procesos Industriales de la IES

Para poder conocer y determinar los stakeholders primarios del laboratorio de procesos industriales de la IES, fue necesario inicialmente definir quiénes son y cuáles son sus características principales, para esto se realizaron entrevistas con los directivos y mediante la

observación directa, se encontró que estos son: los estudiantes, los directivos, los profesores y los técnicos. En la Tabla 1 encontramos el tipo de usuario, los temas que desarrolla y las características de su actividad en el laboratorio.

Tabla 1 Stakeholders del laboratorio de procesos industriales en el primer semestre de 2019.

TIPO DE USUARIO	TEMAS	OTRAS
ESTUDIANTE	Cursan las materias de: Procesos de Fabricación de 5° semestre, Ergonomía y Condiciones de Trabajo de 5° semestre y Estudio de Trabajo de 7° semestre en Ingeniería Industrial; también quienes cursan las materias de Fabricación de Elementos Mecánicos por maquinado de 5° semestre, Fabricación de Elementos Mecánicos por Conformado de 7° semestre en Ingeniería Mecánica y quienes desarrollan diferentes proyectos de investigación.	Desarrollan diferentes proyectos de investigación.
PROFESOR	Imparten las materias de Procesos de Fabricación de 5° semestre, Ergonomía y Condiciones de Trabajo de 5° semestre, Estudio de Trabajo de 7° semestre en Ingeniería Industrial; también quienes imparten las materias de Fabricación de Elementos Mecánicos por maquinado de 5° semestre, Fabricación de Elementos Mecánicos por Conformado de 7° semestre en Ingeniería Mecánica y	Desarrollan diferentes proyectos de investigación.

	quienes desarrollan diferentes proyectos de investigación.	
DIRECTIVO	Centro de Estudios en Gestión de Tecnología e Innovación y Centro de Estudios en Procesos Para Fabricación de Elementos Mecánicos.	Desarrollan diferentes proyectos de investigación.
TÉCNICO	Laboratoristas del Centro de Estudios en Gestión de Tecnología e Innovación y del Centro de Estudios en Procesos Para Fabricación de Elementos Mecánicos.	Desarrollan diferentes proyectos de investigación.

Fuente: El autor

Según la información obtenida a través de entrevistas y en su sitio web, el Laboratorio de Procesos Industriales tiene como objetivos principales: permitir a los estudiantes de la IES, entender, aplicar y controlar los procesos llevados a cabo en la industria de manera práctica; disponer de los recursos técnicos, investigativos y tecnológicos para complementar las actividades académicas; permitir la realización de convenios con otras universidades y ofrecer servicios externos con los más altos niveles de calidad.

El Laboratorio de procesos industriales está conformado por las áreas de: manufactura, metrología, estudio de trabajo y ergonomía, las cuales se describen en la Tabla 2.

Los procesos de fundición, mecanizado por control numérico computarizado CNC y tratamientos térmicos, se cursan en un espacio complementario ubicado en edificio en un bloque aparte denominado como edificio I, que para el desarrollo del proyecto no será incluido.

Tabla 2 Áreas en el laboratorio de procesos industriales

ÁREA	OBJETIVO	MAQUINARIA Y EQUIPOS
------	----------	----------------------

Manufactura	Permite al estudiante generar un criterio amplio en la selección y aplicación de la tecnología para el desarrollo de productos de calidad y la gestión de la planta de producción de bienes manufacturados.	Tornos, fresadoras, taladros de árbol, taladro de banco, equipos de soldadura MIG, TIG, soldadura de arco, oxi-acetileno y resistencia, sierra de cinta continua, inyectora de plásticos, extrusora – sopladora de plásticos, esmeriles de banco, cizalla, extrusora de ladrillos, horno para transformación de arcillas, horno de atmósfera controlada, prensa hidráulica y herramientas manuales.
Metrología	Identificar la importancia de las mediciones dentro del proceso productivo y sus implicaciones en la de calidad de productos y servicios, así como comprender la forma de aplicación de diferentes métodos y procedimientos de medida y aprender el uso y aplicación de diversos instrumentos de medición de última tecnología.	Equipos de medición lineal, angular y una variedad de instrumentos análogos y digitales para la medición de diversas magnitudes y volúmenes.
Estudio de trabajo	Aplicar herramientas y procedimientos sistemáticos para estudiar los factores que afectan el método con que se realiza una operación, buscando maximizar su productividad, eficiencia y eficacia.	Cuenta con un CIM (Banda transportadora y sistema de almacenamiento automático), potenciada con un módulo de alimentación y otro de control de calidad, equipos de cómputo para análisis de la información adquirida en las simulaciones e instrumentos para la toma de tiempos.
Ergonomía	Diseñar y evaluar condiciones de puestos de trabajo, estudiar el efecto en la productividad de las personas ante la	Equipos de medición de iluminación, ruido, temperatura, vibraciones, dimensiones antropométricas, sillas ergonómicas, mesa de

	variación de parámetros como iluminación, temperatura, ruido, y las relaciones entre el sistema hombre-máquina.	trabajo ajustable, una banda de marcha y diversos instrumentos de medición.
--	---	---

Fuente: https://www.escuelaing.edu.co/es/laboratorios_programa?lab=4

Para el interés del proyecto macro y de acuerdo con los enfoques de WCM el estudio se concentrará en el área de manufactura únicamente, las demás podrán de acuerdo al resultado aplicar en el futuro el modelo según su conveniencia. En la Tabla 3 se describen los procesos industriales del área de manufactura.

Tabla 3 Área de Manufactura en el laboratorio de procesos industriales

PROCESOS	EQUIPOS	MATERIALES
MECANIZADO CONVENCIONAL	4 Tornos paralelos de entre 1 y 1,60 m de bancada, 3 fresadoras, una 2 universales y 1 taladro fresador vertical;, extrusora de ladrillos, horno para transformación de arcillas, horno de atmósfera controlada, prensa hidráulica y herramientas manuales.	Materiales metálicos ferrosos y no ferrosos, el acero, aluminio, bronce y estaño.
SOLDADURA	2 equipos de soldadura MIG, 1 equipo de soldadura TIG, 2 equipos para soldadura SMAW, 1 equipo para soldadura oxi-acetilenica, 1 equipo de soldadura por resistencia eléctrica de punto,	Materiales metálicos ferrosos y no ferrosos, el acero, aluminio, bronce y estaño. también gases combustibles como el argón, helio, oxígeno y el acetileno
POLIMEROS	1 inyectora de plásticos de 30 gramos de capacidad, 1 extrusora – sopladora de plásticos	materiales poliméricos, el más utilizado es el polietileno de baja y de alta densidad también el polipropileno

MECÁNICA DE BANCO	2 taladros de árbol, 1 taladro de banco, 1 sierra de cinta continúa, , esmeriles de banco, cizalla	Materiales metálicos ferrosos y no ferrosos, el acero, aluminio, bronce y estaño.
--------------------------	--	---

Fuente: El Autor

Después de tener identificados los stakeholders y las áreas del Laboratorio de Procesos Industriales de la IES y con el fin de conocer las apreciaciones de los usuarios acerca del laboratorio, se procedió con la encuesta, inicialmente a través de un correo electrónico institucional y con ayuda de algunos docentes y monitores de las materias que allí se cursan, a enviar el enlace del formulario a los usuarios registrados, solicitándoles diligenciar la encuesta virtual con 6 preguntas y un espacio para comentarios personales, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 4 Ficha técnica de la encuesta

Objetivo:	Determinar y caracterizar los usuarios, áreas, frecuencia de uso y percepción del servicio del laboratorio de procesos de la IES caso de estudio.
Universo:	Estudiantes, profesores y directivos de la IES que a la fecha han utilizado el laboratorio de procesos.
Tamaño de la muestra:	Total 90 personas, 64 estudiantes, 8 profesores, 2 técnicos y 1 directivo de ingeniería industrial; 11 estudiantes, 5 profesores y 1 técnico de ingeniería mecánica.
Técnica de recolección:	Encuesta virtual a través de google forms.
Margen de error:	9% nivel de confianza 95%
Fecha de recolección:	entre el 6 y el 31 de octubre de 2018

Fuente: El Autor

Preguntas de la encuesta

- ¿De qué programa y qué tipo de usuario es usted del Laboratorio de Procesos Industriales de la Escuela?

Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Civil, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Biomédica, Ingeniería Sistemas, Otra.

Profesor, Directivo, Técnico, Otro

- ¿De cuál área o espacio del Laboratorio de Procesos de la Escuela es o ha sido usuario?

Metrología, Mecanizado Torno, Mecanizado Fresadora, Mecánica de banco, Soldadura, Estudio del trabajo, Ergonomía y condiciones de trabajo, Polímeros, Polvos metálicos y cerámicos, Salones de estudio.

- ¿Cuál ha sido el objetivo del uso del Laboratorio de Procesos de la Escuela?

Recibir clases programadas de laboratorio, Impartir clases en el Laboratorio, Desarrollar proyectos para otras materias, Desarrollar proyectos personales, Prestar el servicio del Laboratorio, Desarrollar proyectos de investigación, Otra...

- ¿Con que frecuencia usa o ha usado el Laboratorio de Procesos de la Escuela?

1 vez/año, 1 vez/semestre, 1 vez/mes, 1 vez/semana, más de 1 vez/semana, Otra...

- ¿Cuál es su grado de satisfacción en los aspectos mencionados, después de haber sido usuario del Laboratorio de Procesos de la Escuela? siendo 5 muy satisfecho y 1 insatisfecho

Mantenimiento de maquinaria, equipos y herramientas, Seguridad e higiene del trabajo, Personas que atendieron el servicio, Materiales usados

- ¿Qué aspectos y en qué grado de importancia considera que debería mejorar el Laboratorio de Procesos de la Escuela? siendo 5 muy importante y 1 menos importante.

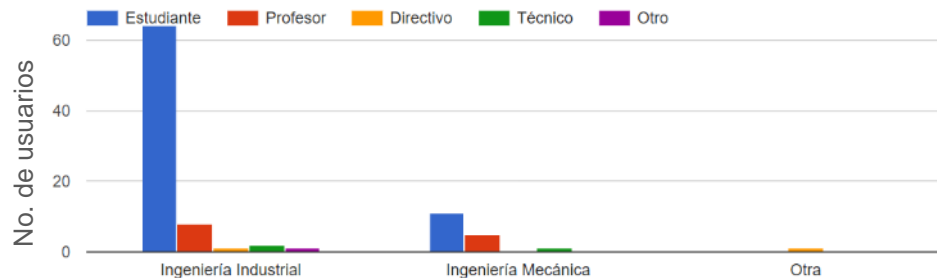
Mantenimiento de Maquinaria y equipos, Higiene y Seguridad Industrial, Orden, aseo y presentación de elementos, Formación y Capacitación del personal a cargo de los servicios, Calidad y cantidad de materiales, Aspectos e Impactos ambientales, Programación del servicio

- En este espacio usted podrá realizar comentarios o sugerencias personales acerca del Laboratorio de Procesos de la Escuela, muchas gracias.

2.1.1 Tipo de usuario del laboratorio

Con el fin de establecer y caracterizar los usuarios del laboratorio, se identificó área y tipo de usuario del Laboratorio de Procesos se formuló la pregunta: ¿De qué área y qué tipo de usuario es usted del Laboratorio de Procesos Industriales de la Escuela?

Figura 5 Tipos de usuarios del Laboratorio de Procesos de la Escuela



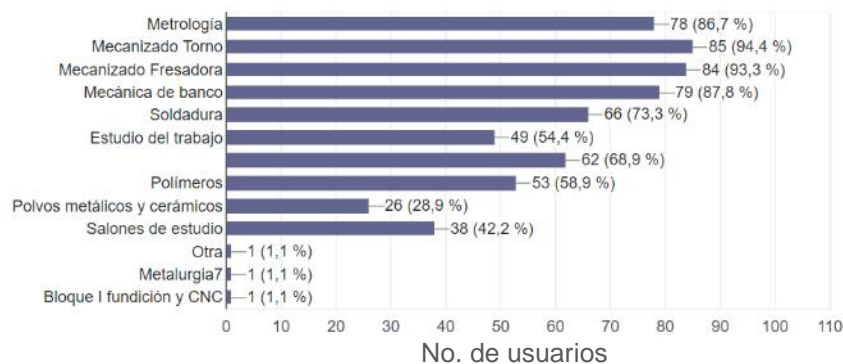
Fuente: el autor

De los 90 usuarios encuestados, 64 fueron estudiantes de Ingeniería Industrial, ósea un 71% de la población, 11 estudiantes de Ingeniería Mecánica ósea un 12%; además 8 profesores usuarios de Ingeniería Industrial ósea un 8% y 5 profesores de Ingeniería Mecánica ósea un 5% de la población, 2 técnicos de Ingeniería Industrial y 1 de Ingeniería Mecánica también son usuarios que respondieron la encuesta.

2.1.2 Áreas Utilizadas en el Laboratorio

Para determinar el uso que dan los usuarios a las diferentes áreas del laboratorio se realizó la siguiente pregunta: ¿De cuál área del Laboratorio de Procesos de la Escuela es o ha sido usuario?

Figura 6 Áreas del Laboratorio de Procesos de la Escuela



Fuente: el autor

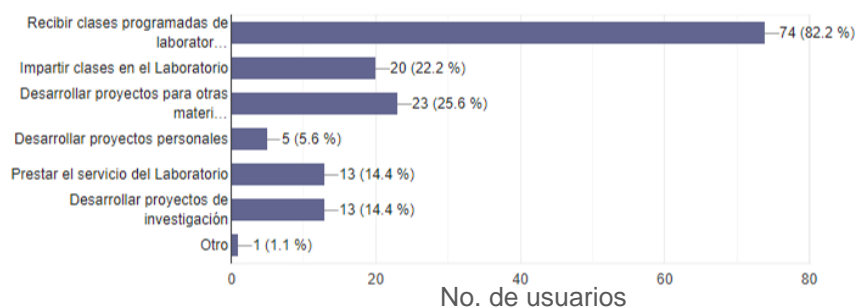
De los 90 usuarios encuestados, el área de mecanizado con torno fue la más utilizada con un 94% de la población, y la de fresado la siguiente con un 93%; las áreas menos utilizadas son las de estudio del trabajo con un 54% y polvos metálicos y cerámicos con 28% de la población; las áreas que respondieron con la opción otra, fundición y CNC se refiere a los procesos que se

estudian en los espacios complementarios ubicados en el edificio de laboratorios denominado como I.

2.1.3 Usos del Laboratorio

Para saber cuál es el objetivo del uso que dan los usuarios al laboratorio se realizó la tercera pregunta: ¿Cuál es el uso que le da al Laboratorio?

Figura 7 Usos del Laboratorio de Procesos de la Escuela



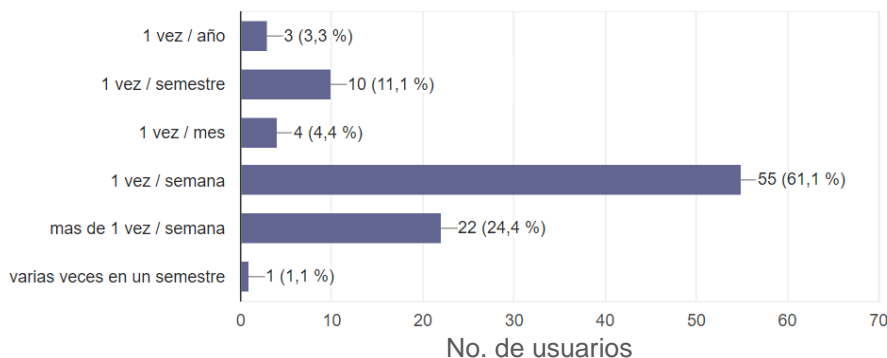
Fuente: el autor

En la Figura 5, el resultado de los 90 usuarios encuestados, un 82% ósea 74 usuarios utilizaron el laboratorio con el fin de recibir clases programadas, siendo el mayor uso que se le da, en segundo lugar, el laboratorio según el 26% de los encuestados lo usa para desarrollar proyectos para materias diferentes y el uso que menos se le da al Laboratorio de Procesos de la IES, según el 5% de usuarios es para desarrollar proyectos personales.

2.1.4 Frecuencia de Uso del Laboratorio

Con el fin de determinar la frecuencia con la que los usuarios utilizan el laboratorio se hizo la pregunta. ¿Con que frecuencia hace uso del Laboratorio?

Figura 8 Frecuencia de uso del Laboratorio de Procesos de la IES

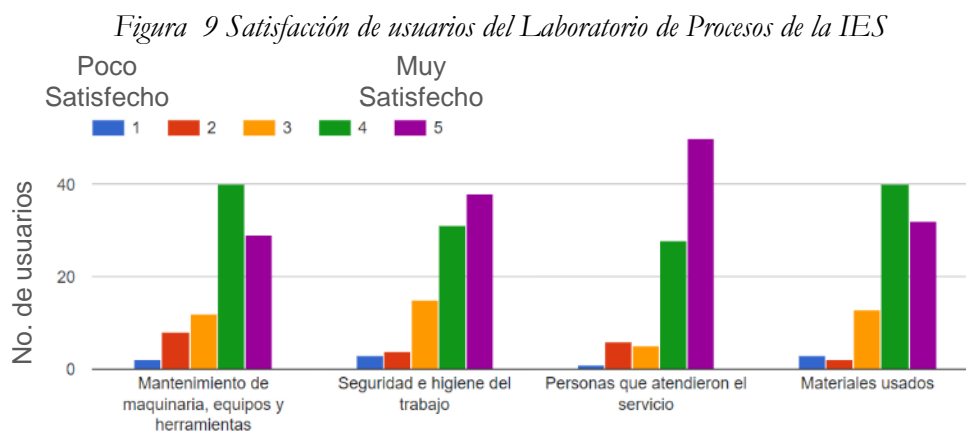


Fuente: el autor

La mayor frecuencia de uso del laboratorio de Procesos de la IES es una vez por semana según 55 usuarios, ósea el 61% de los encuestados (Figura 6). Esto significa que la mayoría de los usuarios acceden al laboratorio en una jornada diaria que es de 8 horas según la disponibilidad del técnico laboratorista (7am a 4pm o de 8am a 5pm). En segundo lugar, de frecuencia de uso están 22 usuarios que acceden al laboratorio más de una vez por semana ósea más de 8 horas por semana.

2.1.5 Satisfacción de los Usuarios del Laboratorio

Para conocer el grado de satisfacción en los aspectos de maquinaria y equipos, seguridad e higiene del trabajo, personal y materiales, se realizó la siguiente pregunta: ¿Cuál es su grado de satisfacción después de haber sido usuario del Laboratorio de Procesos de la Escuela?



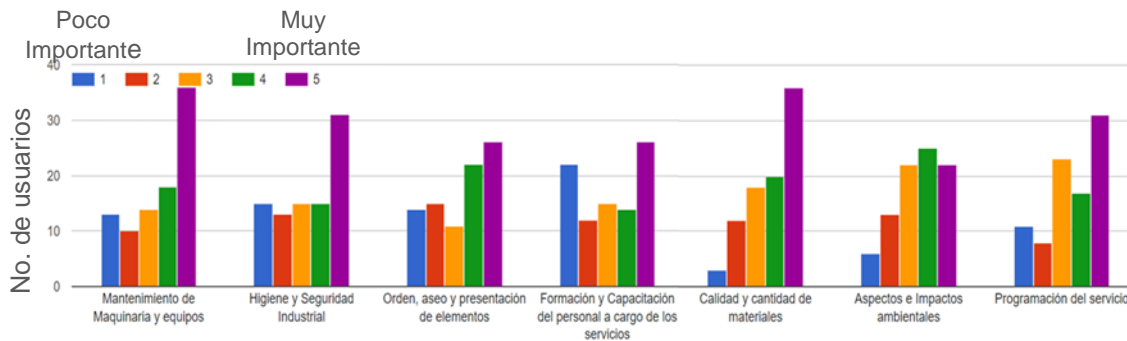
Fuente: el autor

La mayoría de los encuestados (50) correspondiente a un 55% se considera muy satisfecho con el personal que prestó el servicio en el laboratorio, mientras que la seguridad e higiene del trabajo, los materiales usados y el mantenimiento de máquinas y equipos son los aspectos donde menos satisfechos manifestaron estar los encuestados. Esto indica la necesidad de desarrollar y contar con un modelo de gestión basado en los pilares de WCM relacionados con el mantenimiento y el desarrollo personal.

2.1.6 Aspectos a Mejorar en el Laboratorio

Para conocer la opinión de los usuarios acerca de los aspectos en los que consideran que se puede mejorar el laboratorio se realizó la pregunta número 6: ¿Qué aspectos y en qué grado de importancia considera que debería mejorar el Laboratorio de Procesos de la Escuela?

Figura 10 Aspectos a mejorar en el Laboratorio de Procesos de la IES



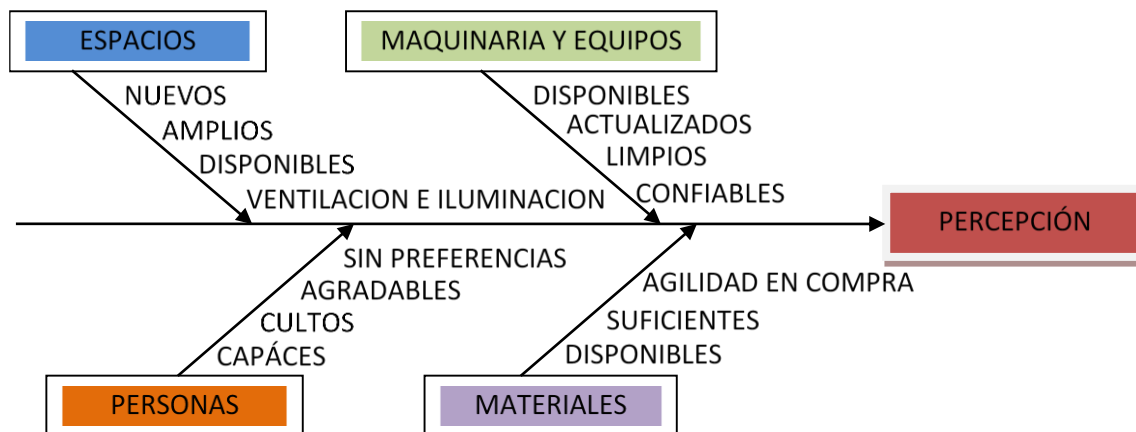
Fuente: el autor

La mayoría de los encuestados (36 usuarios), correspondiente a un 40%, considera que en el laboratorio es muy importante mejorar el mantenimiento de los equipos, al igual que en los materiales (36 usuarios) un 40%; seguido de la higiene y seguridad en el laboratorio (31 usuarios) un 34%, junto con la programación del servicio (31 usuarios) un 34%. Lo cual confirma que los pilares en los que se desarrolle el modelo de gestión están relacionados con el mantenimiento y el desarrollo personal.

2.1.7 Comentarios y Sugerencias del Laboratorio

En el espacio destinado para realizar comentarios o sugerencias personales acerca del servicio en el Laboratorio de Procesos de la IES, 14 usuarios, ósea un 15% respondieron algunos aspectos caracterizados en la Figura 11

Figura 11 Comentarios acerca del Laboratorio de Procesos de la IES



Fuente: el autor

El mantenimiento de la maquinaria, equipos y herramientas es según los resultados de la encuesta realizada a los Stakeholders, la necesidad más apremiante del laboratorio, también la disponibilidad de materiales y la programación del servicio; el laboratorio es utilizado en su mayoría por estudiantes de ingeniería industrial y mecánica, entre una y dos veces por semana con el objetivo de desarrollar sesiones de clases prácticas programadas y para adelantar proyectos; y las áreas en donde más actividad hay en el laboratorio son las de torneado y fresado como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4 Resumen de necesidades del laboratorio

Dónde?	Mecanizado torno y fresa	94%
Para qué?	Clases programadas	82%
Cuánto?	1 vez por semana	61%
Cuál?	Mantenimiento de maquinaria y equipos	40%

Fuente: El Autor

Identificación y selección de los procesos, normas y manuales que se desarrollan en el laboratorio

A continuación, en el laboratorio de procesos industriales de la IES, se identificaron mediante entrevistas personales con directivos, laboratoristas y funcionarios del sistema de gestión, el organigrama de la estructura formal y también se identificaron los procesos de gestión que actualmente se llevan a cabo los cuales son: impartir clases prácticas, mantenimiento mecánico industrial, fabricación de elementos mecánicos, préstamo de equipos y herramientas, asesorías y consultorías y desarrollo de proyectos de investigación; estos enfocados en el cumplimiento de requisitos de la norma ISO 17025 sobre laboratorios. (Ver Tabla 5).

Tabla 5 Procesos de gestión del laboratorio de procesos industriales

PROCESO	RESPONSABLE	CLIENTE
Impartir clases prácticas	Directores y profesores apoyados en los técnicos.	Estudiantes
Servicio de mantenimiento mecánico industrial	Directores y técnicos	Dependencias de la IES

Fabricación de elementos mecánicos	Directores y técnicos	Dependencias de la IES
Préstamo de equipos y herramientas	Técnicos	Dependencias de la IES
Asesorías y consultorías	Directores y profesores apoyados en los técnicos.	Dependencias de la IES
Desarrollo de proyectos de investigación	Directores y profesores apoyados en los técnicos.	Dependencias de la IES

Fuente: El autor

El proceso misional que realiza el laboratorio en la institución y que será incluido en el desarrollo del modelo WCM, es el de impartir las clases prácticas en temas como: mecánica de banco, torneado y fresado convencional, soldadura e inyección y extrusión de polímeros; este proceso desarrolla las siguientes actividades:

Programación de clases, según la demanda de estudiantes.

Compra de materiales, según la programación y el tamaño de los grupos conformados.

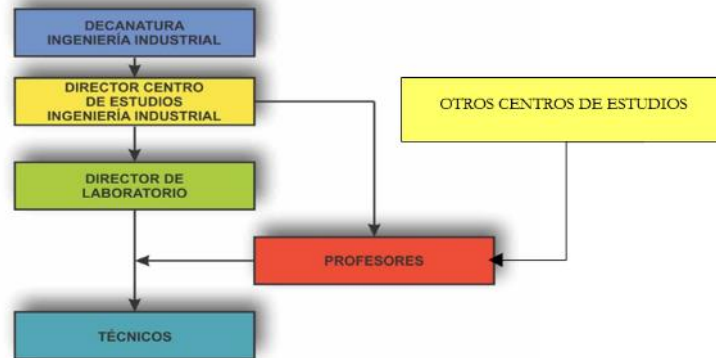
Mantenimiento y alistamiento de maquinaria y equipos, a cargo del personal técnico en los periodos de vacaciones o cuando se presentan los fallos.

Ejecución de la formación, según la programación con metodología de formación por competencias, inicialmente fundamentación teórica en los salones, luego demostración con las máquinas y equipos y finalmente en la práctica cada estudiante elabora un proyecto en cada proceso supervisado por el docente y soportado por los técnicos.

Limpieza y Aseo del área utilizada, a cargo de los estudiantes usuarios del área de trabajo.

Por parte de las directivas del laboratorio de procesos de la IES, se obtuvo como organigrama la estructura de la figura 12 donde los técnicos dependen directamente de un director de laboratorio y este a su vez, del director del centro de estudios de gestión de tecnología e innovación de ingeniería industrial CGTI, que es dependencia de la decanatura de ingeniería industrial; los profesores que aunque están bajo nivel del director del laboratorio, ejercen sus funciones a manera de asesores pueden pertenecer a otros centros de estudios.

Figura 12 Organigrama del Laboratorio



Fuente: el autor basado en entrevista con Directivas

De acuerdo con los resultados del análisis de la percepción de los usuarios y de los procesos que se llevan a cabo en el laboratorio de procesos industriales, se determina que para el proyecto se debe desarrollar un modelo de gestión WCM con base en los pilares de: mantenimiento autónomo, mantenimiento profesional y desarrollo del personal con el fin de que este sea muy pertinente, adecuado y conveniente.

3 DESARROLLO DE UN MODELO WCM BASADO EN LOS PILARES DE: MANTENIMIENTO AUTONOMO, MANTENIMIENTO PROFESIONAL Y DESARROLLO DE LAS PERSONAS

De acuerdo con los resultados del análisis de la percepción de los usuarios y de los procesos que se llevan a cabo en el laboratorio de procesos industriales obtenidos en el capítulo 2 “Identificación y selección de necesidades de stakeholders y procesos para desarrollar un modelo de gestión en un laboratorio de procesos industriales”, se determina que para el proyecto se debe desarrollar un modelo de gestión WCM con base en los pilares de: mantenimiento autónomo, mantenimiento profesional y desarrollo del personal con el fin de que este sea muy pertinente, adecuado y conveniente.

MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Según Salazar (2016) el mantenimiento autónomo consiste en realizar diariamente actividades no especializadas, tales como la inspecciones, limpieza, lubricación, ajustes menores, estudios de mejoras, análisis de fallas, entre otras. Es importante que los operarios sean capacitados y polivalentes para llevar a cabo estas funciones, de tal manera que debe contar con total dominio del equipo que opera, y de las instalaciones de su entorno.

Para Salazar (2016) el mantenimiento autónomo es uno de los 6 pilares en los que se fundamenta el mantenimiento productivo total TPM, esto son:

- Mejoras enfocadas.
- Mantenimiento autónomo.
- Mantenimiento planificado.
- Mantenimiento de calidad.
- Educación y entrenamiento.
- Seguridad y medio ambiente.

Los objetivos del mantenimiento autónomo contribuyen a la preservación de los equipos mediante la prevención, esto además permite:

- Adquirir conocimiento y aprendizaje por medio del estudio del equipo.

- Desarrollar habilidades para el análisis y solución de problemas.
- Cultura organizacional orientada a la mejora continua y a la gestión colaborativa.
- Mejorar las funciones del equipo.
- Mejorar las condiciones de seguridad y eficiencia (productividad y energía) del equipo.

Como metodología específica de mantenimiento autónomo, el Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) recomienda el siguiente procedimiento:

Tabla 6 Metodología JIPM para mantenimiento autónomo

Etapa	Nombre	Descripción
1	Limpieza inicial (limpieza profunda).	Eliminación de suciedad, escapes, polvo, identificación de "fuguai"; ajustes menores.
2	Acciones correctivas en la fuente.	Evitar que el equipo se ensucie nuevamente, facilitar su acceso, inspección y limpieza inicial; reducir el tiempo empleado en la limpieza profunda.
3	Preparación de estándares de inspección.	Se diseñan y aplican estándares provisionales para mantener los procesos de limpieza, lubricación y ajuste. Una vez validados se establecerán en forma definitiva.
4	Inspección general.	Entrenamiento para la inspección haciendo uso de manuales, eliminación de pequeñas averías y mayor conocimiento del equipo a través de la verificación.
5	Inspección autónoma.	Formulación e implantación de procedimientos de control autónomo.
6	Estandarización.	Estandarización de los elementos a ser controlados. Elaboración de estándares de registro de datos, controles a herramientas, moldes, medidas de producto, patrones de calidad, etc. Elaboración de procedimientos operativos estándar. Aplicación de estándares

7	Control autónomo pleno.	Aplicación de políticas establecidas por la dirección de la empresa. Empleo de tableros de gestión visual (Andon), tablas MTBF y tableros Kaizen.
---	-------------------------	---

Fuente: Japan Institute of Plant Maintenance JIPM

Para Reyes (2009) la falta de conciencia en relación al TPM genera situaciones como las siguientes:

- Equipo sucio o descuidado
- Tuercas y tornillos flojos, producen inestabilidad visible
- Fugas de filtros de aire que requieren ser removidos y limpiados
- Lubricantes sucios, requieren cambio
- Instrumentos de medición sucios dificultan su lectura
- Ruidos anormales en bombas hidráulicas
- Máquinas con vibración y ruidos
- Superficies sucias

Según Reyes (2009) el mantenimiento autónomo promueve conciencia en el equipo, la concienciación en el equipo se refiere a cuatro habilidades, (1) descubrir anomalías; (2) atender anomalías; (3) establecer condiciones óptimas del equipo; (4) mantener el equipo en óptimas condiciones.

3.1.1 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO:

Para Reyes (2009) el mantenimiento autónomo tiene cuatro principales objetivos que son:

- Eliminar las seis mayores pérdidas e incrementar la efectividad operacional del equipo por medio de actividades de grupos pequeños con el apoyo de la administración.
- Educar a los empleados en conocimientos y habilidades relacionados con los equipos.
- Mejorar el equipo, cambiar los métodos de trabajo, y revitalizar el lugar de trabajo.

- Asegurar la calidad del producto al 100% estableciendo y manteniendo condiciones para cero defectos.

3.1.2 MODELO DE MANTENIMIENTO AUTONOMO DE REYES

Según Reyes (2009) el mantenimiento autónomo se desarrolla en ocho pasos que encontramos en la tabla 2.

Tabla 7 Modelo Mantenimiento Autónomo de Reyes

PASO	METAS	PUNTOS A ENFATIZAR
1. Realizar limpieza inicial	<ul style="list-style-type: none"> - Eliminar todo el polvo y partículas para prevenir la deterioración acelerada - Identificar problemas escondidos al limpiar y corregirlos - Familiarizarse con el equipo y ser sensible a sus necesidades - Atacar los problemas en equipo de trabajo; aprender habilidades de liderazgo <p>** La limpieza es inspección</p>	Los empleados aprenden gradualmente que <i>la limpieza es inspección</i> y los resultados van más allá de tener el equipo brillante.
2. Atender causas de equipo sucio	<ul style="list-style-type: none"> - Eliminar causas de suciedad; prevenir la generación de rebabas o polvo y contaminantes - Mejorar la confiabilidad del equipo al evitar que se acumule polvo y suciedad en el equipo - Ampliar el alcance de los esfuerzos de mejora de individuos a equipos pequeños - Estar orgullosos de implementar las mejoras <p>** Evitar dispersión de partículas localizándolas **</p>	Mientras se mejora el mantenimiento del equipo, los operadores no solo conocen como se mejora el equipo, sino que se preparan para continuar trabajando en equipos pequeños

<p>3. Mejorar áreas difíciles de limpiar</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Reducir el tiempo necesario para limpieza y lubricación - Mejorar la mantenabilidad por medio de limpieza y lubricación mejorada - Aprender como transparentar la gestión por medio de controles visuales simples - Estar orgullosos de implementar las mejoras <p>** Difícil de limpiar significa difícil de inspeccionar **</p>	<p>Mientras se mejora el mantenimiento del equipo, los operadores no solo conocen como se mejora el equipo, sino que se preparan para continuar trabajando en equipos pequeños</p>
<p>4. Estandarizar actividades de mantenimiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Controlar los tres factores clave para prevenir la deterioración: limpieza, lubricación y apretar tornillos y tuercas. - Emitir estándares provisionales de limpieza rutinaria, lubricación, e inspección - Comprender la importancia de mantener la calidad por medio de equipos pequeños - Estudiar las funciones básicas y estructura del equipo <p>** Decisiones firmes y adherencia firme **</p>	<p>Emitiendo y revisando los procedimientos estándar, los operadores comprenden que así como la gente que mantiene el equipo, deben tomar, implementar y promover sus propias decisiones de mantenimiento.</p>
<p>5. Desarrollar actividades de inspección generales</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Aprender a identificar las condiciones óptimas de desempeño y tener habilidad para el diagnóstico - Trabajar con los técnicos de mantenimiento para aprender los tres factores clave para prevenir la deterioración - Realizar una inspección general de las partes principales del equipo para reemplazar las partes desgastadas y mejorar la confiabilidad - Modificar el equipo para facilitar la inspección (y mantenimiento) 	<p>Los operadores aprenden los puntos vitales de su equipo por medio de estudio e instrucción, mejoran sus habilidades por medio de la práctica, y confirman su nivel de logro por medio de pruebas.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - Cultivar el sentido de liderazgo y membresía aprendiendo de los operadores más experimentados <p>** Formar operadores conscientes del equipo que puedan hacerle ajustes **</p>	
<p>6. Realizar inspección autónoma</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Usar listas de verificación y procedimientos estandarizados efectivamente - Mejorar la confiabilidad operacional y clarificar condiciones anormales. - Reconocer la operación correcta, anormalidades, y acciones correctivas apropiadas - Fomentar la autonomía creando sus propias listas de verificación <p>** Educar a miembros del equipo a que estén conscientes de su equipo y administrar sus condiciones.</p>	<p>Los miembros del equipo prueban su comprensión y adherencia a puntos de inspección importantes</p>
<p>7. Organizar y administrar el lugar de trabajo</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Asegurar la calidad y la seguridad estandarizando el trabajo en planta, procedimientos de orden y limpieza y mejorando la productividad - Estandarizar las cantidades y el almacenamiento de inventarios en proceso, inventarios de materia prima, productos, refacciones y herramientas - Facilitar la administración del mantenimiento implementando controles visuales <p>** Taller de estandarización y administración de condiciones **</p>	<p>Este paso refuerza la estandarización de reglamentaciones y controles, mejora de estándares, y uso de controles visuales para facilitar la administración del mantenimiento.</p>

<p>8. Motivar la administración autónoma</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Trabajar juntos en las mejoras que ayudarán a lograr las métricas organizacionales - Colectar y analizar datos del equipo orientados a mejorar la confiabilidad, mantenabilidad y operabilidad - Promover la mejora continua - Aprender a registrar y analizar datos del equipo y realizar reparaciones simples del equipo <p>** Realizar actividades de mejora que refuercen las políticas de la organización **</p>	<p>Las actividades del operador se monitorean para que sean consistentes con las metas de la organización.</p>
---	--	--

Fuente: Reyes (2009)

Según WCM development center, el mantenimiento autónomo mejora la disponibilidad de los equipos de trabajo y la calidad del producto a través de la participación de los operadores de producción, asignando a estos una mayor responsabilidad para administrar y mantener maquinaria y equipo, para llevar a cabo inspecciones, lubricación, identificación inmediata de fallas, reemplazo de ciertos componentes o reparaciones menores.

En la primera fase, el objetivo del mantenimiento autónomo es el mantenimiento de las condiciones básicas de la maquinaria. Esto se puede lograr asegurando los estándares operativos correctos de la maquinaria, la limpieza, la lubricación y la seguridad.

El alcance final del mantenimiento autónomo es estabilizar las condiciones de la maquinaria, mejorar su fiabilidad y obtener como resultado el alargamiento de su vida útil.

Esto presupone la definición y la mejora continua de los estándares de mantenimiento y el aumento de las competencias de los operadores en términos de conocimiento de las máquinas.

3.1.3 MODELO DE MANTENIMIENTO AUTONOMO DE WCM DEVELOPMENT CENTER

Según WCM development center, se puede implementar el mantenimiento autónomo a través de 7 pasos que son:

Tabla 8 Modelo Mantenimiento Autónomo WCM development center

PASO	META	DESCRIPCIÓN
1	LIMPIEZA INICIAL	Eliminación completa de la suciedad de las plantas, aprenden que "la limpieza es inspeccionar"
2	ELIMINACIÓN DE CAUSAS DE SUCIEDAD	Eliminación de causas de suciedad/pérdidas Eliminación de causas de suciedad/pérdidas Eliminación de obstáculos a actividades Reducción de tiempos de limpieza, lubricación
3	ESTÁNDAR DE LIMPIEZA Y LUBRICACIÓN	Define claro, limpieza simple, lubricación, normas de control de apriete; especifique tiempos y frecuencia
4	INSPECCIÓN GENERAL	Mejore la capacidad de hacer una inspección general de la planta de acuerdo con los estándares y manuales
5	INSPECCION INDEPENDIENTE	Mejore la capacidad de realizar inspecciones independientes, ciclos de mantenimiento preventivo y utilizar las listas de control
6	CONTROL Y GESTIÓN DE ÁREAS	Monitoreo estandarizado la de eficiencia, de las acciones, calidad, mejorar la recopilación de datos, gestione el equipo y los tipos de cambio
7	APLICACIÓN COMPLETA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	Gestión integrada de mantenimiento autónomo con respecto a otros aspectos de TPM y la búsqueda de objetivos de mejoramiento continuo del desempeño

Fuente: WCM development center

Un efecto muy importante del mantenimiento autónomo es la mejora de la calidad de la máquina con respecto al producto.

MANTENIMIENTO PROFESIONAL

OBJETIVOS

Para WCM development center, los principales objetivos del mantenimiento profesional son:

- Optimizar la confiabilidad de los sistemas de la unidad operativa a un costo accesible.

- Aumentar la fiabilidad y la calidad, al tiempo que reduce en gran medida el deterioro del equipo y los riesgos de accidentes.
- Desarrollar actividades de mantenimiento planificado, reduciendo averías y mantenimiento.

Para usar los tipos de mantenimiento más apropiados:

Mantenimiento basado en las condiciones BDM (en desglose)

Mantenimiento basado en el tiempo TBM (periódica)

Mantenimiento basado en las condiciones CBM (según condición)

- Establecer y mantener las mejores condiciones de los sistemas, a un costo limitado y de manera eficiente.
- Desarrollar las habilidades de los operadores e ingenieros de mantenimiento.

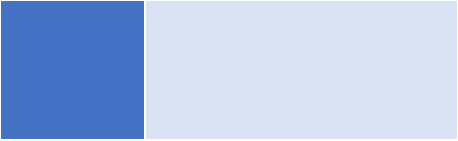
Para WCM development center, se puede implementar el mantenimiento profesional a través de 4 pasos que son:

3.2.1 MODELO DE MANTENIMIENTO PROFESIONAL

Tabla 9 Modelo Mantenimiento Profesional

PASO	META	DESCRIPCIÓN
0	Preparación	Definiciones y priorización de equipos: Definiciones de: Taller, Paso del proceso, Equipo, Subconjunto, Componente. Priorización de equipos Gestión del flujo de trabajo de mantenimiento Base de datos de gestión de mantenimiento / Sistema de documentación Gestión de repuestos

		<p>Organización de áreas de taller de mantenimiento</p> <p>Gestión de aceite y lubricación</p> <p>Gestión de averías y el sistema de órdenes de trabajo de emergencia</p> <p>Seguimiento de indicadores clave de rendimiento (KPI)</p>
1	Eliminación y prevención del deterioro	
2	Análisis de desglose	<p>Lo que se necesita para trabajar en el equipo (actividades):</p> <p>Haga el mapa de desglose con dos años de tendencia y muéstrelo en el diseño de la máquina;</p> <p>Estratifique los desgloses por tipologías Desglose de la colección y el análisis por EWO</p> <p>Analizar desgloses por causas</p> <p>Etiquetar componentes de daños y hacer análisis de fallas</p> <p>Definir un sistema homogéneo para la gestión de averías y la mejora de la eficiencia del equipo.</p> <p>Usar técnicas de resolución de problemas para la investigación de causas</p>
3	Establecimiento de estándares de mantenimiento	<p>Alineación con el procedimiento de gestión de mantenimiento periódico.</p> <p>Prioridades AA, A, B, C</p> <p>Identificación y lista de componentes sujetos a desgaste.</p> <p>Definir el contenido de las normas de mantenimiento periódico.</p> <p>Prepare los procedimientos de mantenimiento estándar.</p>



Implementación de actividades de mantenimiento periódico, planificación de actividades, monitoreo de resultados e identificación de acciones correctivas.

Fuente: WCM development center

Siguiendo con los conceptos del WCM development center acerca del pilar técnico número 9 correspondiente a desarrollo de las personas encontramos:

DESARROLLO DE LAS PERSONAS

Para WCM development center, los objetivos básicos del desarrollo de personas son:

- Desarrollo de conocimientos y difusión
- Cero errores humanos
- Conciencia de las normas de seguridad participación y motivación
- Competencias correctas por estaciones de trabajo
- Según el estándar de Toyota:
- Al menos 3 personas calificadas para cada estación de trabajo
- Al menos 3 personas pueden trabajar en todas las estaciones de trabajo
- Cada persona puede trabajar al menos en 3 estaciones de trabajo

Pérdida / reducción de residuos

Algunos errores y/o desperdicios se originan por errores de recursos humanos, para la reducción de estas pérdidas y de residuos según WCM development center, se debe:

Resaltar y cuantificar por QA Matrix y Cost Deployment.

Se debe planificar una capacitación específica / enfocada para abordar estas pérdidas.

Se debe establecer un sistema de monitoreo para controlar el resultado del entrenamiento en términos de reducción de pérdidas.

Las iniciativas de capacitación (lecciones de un punto, capacitación enfocada, asistencia en el trabajo, etc.) se revisan y / o ajustan y estandarizan.

Según WCM development center, se producen errores humanos donde:

- Las operaciones son irregulares y discontinuas.
- En el caso de las operaciones de dos hombres, las responsabilidades laborales entre los dos no están claras.
- No es fácil detener la operación en caso de que ocurra un problema.
- Hay muchos equipos similares instalados que son difíciles de distinguir uno de otro.

Y las principales causas de los errores humanos son:

- Conocimiento.
- Habilidades.
- Sobreconfianza
- Inmadurez - educación y formación
- Malos hábitos debido a experiencias pasadas
- Atención
- Problemas de salud, fatiga.
- Estrés excesivo
- Pérdida de memoria
- Descuido
- Ausencia o falta de atención.
- Malentendidos, juicios erróneos, mal funcionamiento

Según WCM development center, para lograr cero errores humanos se debe:

- Mejorar las instrucciones de trabajo.
- Entregar entrenamiento específico
- Crear conciencia
- Dispositivos a prueba de tontos en el producto
- Dispositivos a prueba de tontos en los equipos actuales
- Eliminación del proceso estándar poco claro

También según WCM development center para eliminar errores humanos, es importante trabajar en 2 lados diferentes:

- Buscar las causas de los errores humanos y tomar contramedidas contra ellos.
- Introducir control visual para evitar errores humanos en todas partes donde existe el riesgo de crear un error humano.

Así como la contramedida y seguimiento de la siguiente manera:

- Deben tomarse las contramedidas adecuadas y los efectos deben seguirse cuidadosamente.
- La receta correcta para la enfermedad correcta.
- Diferentes causas de derrota significan diferentes contramedidas
- El seguimiento de las actividades es realmente importante para:
 - o Verificar la efectividad de las actividades
 - o Definir el beneficio obtenido.
- Los KPI deben ser rastreados durante al menos 3 meses para considerar un problema resuelto
- La prevención de recurrencia de errores debe evitarse por mecanización (como dispositivos a prueba de tontos) – preferible mediante la normalización o estandarización.

4 Modelo WCM basado en los pilares de Mantenimiento Autónomo, Mantenimiento Profesional y Desarrollo de las Personas

De acuerdo con las necesidades detectadas en el capítulo 2 “Identificación y selección de necesidades de stakeholders y procesos para desarrollar un modelo de gestión en un laboratorio de procesos industriales”, y teniendo en cuenta los stakeholders identificados que son: estudiante, directivo, profesor y técnico; se propone un modelo para el área de manufactura, donde se ejecutan los procesos de mecanizado convencional, soldadura, polímeros y mecánica de banco.

Modelo Integrado

El modelo se desarrolla tomando e integrando los aspectos más pertinentes de los modelos revisados en el capítulo 3, Modelo de Mantenimiento Autónomo de Reyes, Modelo de Mantenimiento Autónomo de WCM development center, Modelo de Mantenimiento Profesional de WCM development center y Modelo de Desarrollo de las Personas de WCM development center.

Tabla 10 Modelo Integrado de Mantenimiento Autónomo, Mantenimiento Profesional y Desarrollo de las Personas

PASO	MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	MANTENIMIENTO PROFESIONAL	DESARROLLO DE LAS PERSONAS
0	<ul style="list-style-type: none"> -Análisis de despliegue de costes. -Clasificación de la máquina. -Definición de objetivo -Individualización del área modelo. -Composición del equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Definiciones y priorización de equipos: -Definiciones de: Taller, Paso del proceso, Equipo, Subconjunto, Componente. -Priorización de equipos -Gestión del flujo de trabajo de mantenimiento -Base de datos de gestión de mantenimiento / Sistema de documentación 	

	<ul style="list-style-type: none"> -Planificar proyectos AM 	<ul style="list-style-type: none"> -Gestión de repuestos -Organización de áreas de taller de mantenimiento -Gestión de aceite y lubricación -Gestión de averías y el sistema de órdenes de trabajo de emergencia -Seguimiento de indicadores clave de rendimiento (KPI) 	
1 Limpieza inicial	<ul style="list-style-type: none"> -Restaurar el equipo a las condiciones originales. -Rastrear fallas e identifique áreas inaccesibles -Retirar todos los objetos innecesarios y cree orden y limpieza -Crear un vínculo directo entre los miembros del grupo y su maquinaria. -Establecer un modelo de referencia en términos de condiciones de operación. 	Eliminación y prevención del deterioro	Establecer Principios y directrices
2 Eliminar causas de suciedad	<ul style="list-style-type: none"> -Realizar acciones para eliminar causas de suciedad (*) -Lleve a cabo acciones para eliminar áreas que son difíciles de inspeccionar y lubricar (*) -Reduzca el tiempo requerido para limpiar, inspeccionar y lubricar la planta. -Desarrollar estándares de mantenimiento temporal. 	<p>Análisis de desglose</p> <p>Lo que se necesita para trabajar en el equipo (actividades):</p> <p>Haga el mapa de desglose con dos años de tendencia y muéstrela en el diseño de la máquina;</p> <p>Estratifique los desgloses por tipologías Desglose de la colección y el análisis por EWO Emergency Work Order</p>	Analizar errores humanos

	<p>-Adoptar acciones de mejora</p> <p>-Desarrollos iniciales de control visual</p>	<p>Analizar desgloses por causas</p> <p>Etiquetar componentes de daños y hacer análisis de fallas</p> <p>Definir un sistema homogéneo para la gestión de averías y la mejora de la eficiencia del equipo.</p> <p>Usar técnicas de resolución de problemas para la investigación de causas</p>	
3 Definir estándares de inspección, limpieza y lubricación.	<p>-El operador define el estándar con tiempos, frecuencia y método de lubricación, inspección y limpieza. Revise y optimice completamente el sistema de lubricación y capacite a los operadores.</p> <p>-Intentar aplicar lo definido y la inserción de estas actividades en el ciclo.</p> <p>-Modificación / finalización según prueba.</p>	<p>-Alineación con el procedimiento de gestión de mantenimiento periódico.</p> <p>-Prioridades AA, A, B, C</p> <p>-Identificación y lista de componentes sujetos a desgaste.</p> <p>-Definir el contenido de las normas de mantenimiento periódico.</p> <p>- Prepare los procedimientos de mantenimiento estándar.</p> <p>-Implementación de actividades de mantenimiento periódico, planificación de actividades, monitoreo de resultados e identificación de acciones correctivas.</p>	<p>Establecer proyectos de mejora de habilidades para poner en marcha las maquinas</p> <p>Establecer el fofo de capacitación para reducir perdidas por errores humanos</p>
4 Inspección general	<p>-capacitación de los operadores sobre las características técnicas de las máquinas, a fin de aumentar su capacidad de descubrir el mal</p>		<p>Establecer y revisar los sistemas de formación para el desarrollo de habilidades de expertos</p>

	funcionamiento y, con la ayuda de los especialistas, elaborar un plan general de inspección		Análisis costo beneficio en la eliminación de errores humanos y establecer un sistema para el futuro
5 Inspección autónoma	<ul style="list-style-type: none"> -Dar instrucciones sobre el desempeño de las operaciones del proceso y -Dar los métodos para manejar fenómenos anormales con el fin de mejorar la confiabilidad mediante el desarrollo de las competencias de los operadores. -Evitar la duplicación u omisión de una inspección integrando los estándares previstos para cada máquina y los estándares de inspección de todo el proceso o área. 		Establecer un sistema para mejorar competencias
6 Mejora de estándares (WO y limpieza)	<ul style="list-style-type: none"> -Reducir las variaciones del tiempo de ciclo creando procedimientos y estándares claros para un Mantenimiento Autónomo seguro y mejorando los procedimientos para la configuración y los procesos de trabajo. - Crear un sistema de autogestión de los flujos de las estaciones de trabajo, repuestos, herramientas, productos finales e información. 		Recaltar habilidades específicas y electivas
7 aplicación a gran escala del sistema	<ul style="list-style-type: none"> Mejorar las actividades y estandarizar las mejoras alineadas con los objetivos de la planta. Reducir los costos eliminando los desechos generados en el lugar de trabajo 		Evaluación continua

Fuente: El autor basado en Reyes (2009) y WCM development center

Prueba del Modelo

Para realizar la prueba piloto se extrajeron las actividades más relevantes y que aplican para el proyecto y para el laboratorio, estas son:

4.1.1 PILAR MANTENIMIENTO AUTONOMO

PASO 0:

Clasificación de la maquinaria: De acuerdo con el inventario del Laboratorio, Maquinas Herramientas M.H. (tornos, fresadoras o taladros), Herramientas y equipos.

Tabla 11 Clasificación de Maquinaria, herramientas y equipos

MAQUINAS HERRAMIENTAS:	<ul style="list-style-type: none"> - 4 Tornos paralelos, 2 trabajo pesado y 2 trabajo liviano - 2 Taladros de banco - 1 Taladro de pedestal - 2 Fresadoras, 1 universal y 1 vertical - 1 Amortajador
HERRAMIENTAS ELECTRICAS	<ul style="list-style-type: none"> - 2 Esmeriles - 2 Caladoras - 2 Taladros - 1 Sierra sable - 1 Sierra sin fin - 1 Lijadora - 1 Ruteadora
HERRAMIENTAS DE BANCO	<ul style="list-style-type: none"> - Prensas de banco - Limas - Seguetas - Martillos - Cinceles - Centropuntos
HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Flexómetros - Calibradores pie de rey - Goniómetros - Escuadras - Reglas - Compases
HERRAMIENTAS DE CORTE	<ul style="list-style-type: none"> - Fresas, hss y tугsteno - Buriles, hss y tугsteno - Rimas - Brocas - Machuelos

	<ul style="list-style-type: none"> - Tarrajas
HERRAMIENTAS DE AJUSTE	<ul style="list-style-type: none"> - Llaves bristol o allen - Llaves boca fija - Llaves estrella - Llaves de tubo - Llaves Expansivas

Fuente: El autor

Definición de objetivo: Evitar los casos de maquinaria fuera de servicio durante el periodo lectivo.

Individualización del área modelo: Área de mecanizado por arranque de viruta, debido a los resultados de la encuesta de satisfacción.

Composición del equipo: El equipo está conformado por el docente de procesos industriales Gabriel Combariza (líder proyecto) y los técnicos del Laboratorio Roger Rincón (técnico 1) y Diego Alarcón (técnico 2).

Planificación de proyectos de Mantenimiento Autónomo: Reuniones semanales con lluvia de ideas con participación de técnicos y profesores del Laboratorio.

PASO 1:

Restauración de equipos a las condiciones originales: De acuerdo con las recomendaciones del proveedor del mantenimiento de las Maquinas Herramientas, además estas siempre quedan sin los portaherramientas ni herramientas montadas, bombas apagadas y cajas de cambios neutralizadas.

Rastrear fallas e identificación de áreas inaccesibles: Las principales fallas son en los sistemas eléctricos de las M.H. y sistema mecánico, y las áreas inaccesibles ya cuentan con guardas de seguridad.

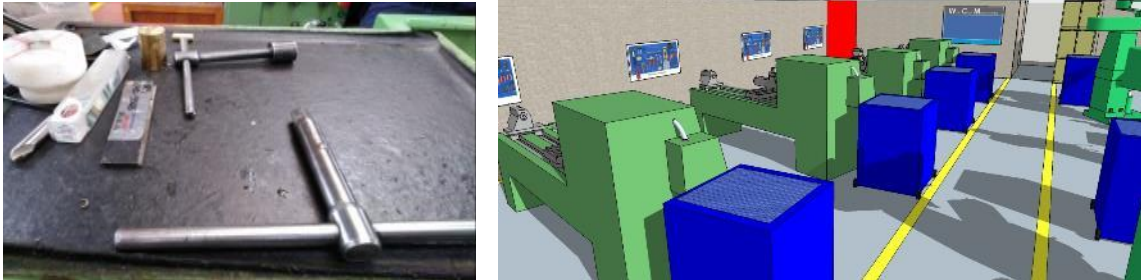
Figura 13 Acceso caja Norton torno paralelo



Fuente: Protocolo de torneado Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito

Retirar objetos innecesarios y hacer orden y limpieza: Cada M.H. se dejó sin herramientas en la mesa respectiva, estas se ubicarán en tableros visibles, tampoco se debe encontrar material de trabajo entre cada sesión de clase.

Figura 14 Orden y aseo en laboratorio de mecanizado



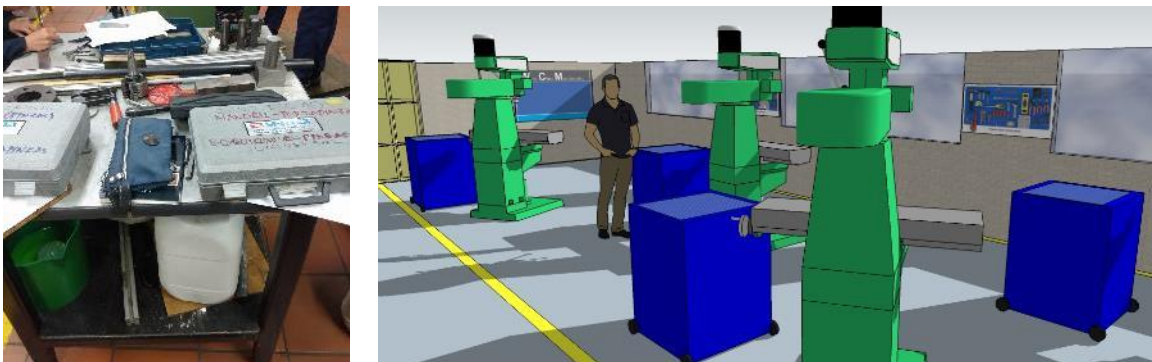
Fuente: El autor

Establecer un modelo de referencia en términos de condiciones de operación: El técnico guiado por los protocolos y manuales de operación, apoya al comienzo de las sesiones al docente y a los estudiantes en cuanto la operación de cada M.H., ya que cada una tiene sus métodos diferentes de operación.

PASO 2:

Realizar acciones para eliminar causas de suciedad: Las principales causas de suciedad en el área de mecanizado son los residuos de material de trabajo y las fugas de fluidos de corte, cada estudiante que utiliza las MH. Las entrega limpias y se hace el cambio de los ductos y grifos de estos sistemas.

Figura 15 Eliminación causas de suciedad en laboratorio de mecanizado



Fuente: El autor

Lleve a cabo acciones para eliminar áreas que son difíciles de inspeccionar y lubricar: Las llaves de las guardas de seguridad y de compuertas quedan en el tablero de herramientas de cada M.H.

Figura 16 Guarda de seguridad torno paralelo



Fuente: El autor

Desarrollar estándares de mantenimiento temporal: Se incluir en los protocolos de estudio correspondiente a mecanizado, las acciones de aseo y limpieza de la máquina, así como una programación visible de la lubricación de las mismas.

Figura 17 Aseo en el protocolo de mecanizado

1.2 PRÁCTICA

PRÁCTICA	TIEMPO (min)
Seguridad en el torno	10
Lectura de planos, mecánica de banco, definición de plan de trabajo, cálculo de velocidad de corte	30
Montaje y sujeción de la pieza en la máquina	10
Montaje de herramienta de corte y portaherramientas	10
Procesamiento del material con diferentes operaciones (refrentado, taladrado de centro, cilindrado)	100
Asear y lubricar la maquina como lo indique el supervisor	20
TOTAL	180
TOTAL TEORIA + PRÁCTICA	360

Fuente: Protocolo de mecanizado Escuela Colombiana de Ingeniería modificado por el autor

Adoptar acciones de mejora: Se realizan publicaciones de espacios donde se han incorporado estrategias de orden y limpieza con el fin de compararlas y analizar cuales podrían definirse para las áreas del Laboratorio.

PASO 3:

El operador define el estándar con tiempos, frecuencia y método de lubricación, inspección y limpieza: De acuerdo con los métodos actuales, al final de las sesiones de los estudiantes de ingeniería mecánica, los días y periodos que las M.H. no están programadas se realiza la lubricación y limpieza. Al incluir la limpieza y lubricación en los protocolos, al finalizar todas las sesiones se deben entregar las M.H. aseadas y lubricadas.

Figura 18 Plan de mantenimiento para mecanizado

PLAN DE MANTENIMIENTO AREA DE MECANIZADO.

Torno IMCUTURN master 24-2000.

- Presente fuga de aceite, será necesario verificar de donde procede.
- En práctica revisar la patente del avance automático de el delantale bloqueado, al parecer se un daño interno.
- Desde el año pasado, dejó de funcionar en el controlador, al año del mantenimiento longitudinal, al girarse el cable que manda la señal, se arrojó, afectando una pieza electrónica.
- Cambiar refrigerante, realizar limpieza del tubo de salida y la bomba.
- Cambio motor de los control de fricción al que por el tiempo de trabajo de la máquina, se hace necesario cambiarlos.
- Antecedentes, hubo la necesidad de forjar un boquilla, pieza para el sistema de freno en la polea del motor, también se ha cambiado juntas, y rotores del mismo.

Fresadora Vertical KONDOR 20V.

- En la hoja de vida, se encuentra el diagnóstico, de que es necesario realizar mantenimiento correctivo en el control, en su tiempo habiéndose cambiado correa, bujes y rodamientos, esta fue la recomendación que hizo el técnico de IMOCOM, visita realizada en el año 2005.
- Desde el momento en que se instaló el visualizador hay momentos en que no se detecta la medición de avance de eje Z, posiblemente hay una falla en la English para la lectura.
- Es necesario revisar su posición y colocarla sobre base de nivelación.
- Advertir para seguir el procedimiento, es necesario comprar los siguientes equipos:
 - ...cableal amortecedor,
 - ... eje para frenado horizontal, cada y soporte,
 - ... placa magnética,
 - ... mesa óptica.
- Cambiar refrigerante, realizar limpieza a las marginales para la salida del mismo.

Torno WORTON 1340

Para medición de potencia, se instaló un ENCODER, sin embargo hoy que comenzó este mecanismo por fabricación deficiente.

El pedal del freno tiene problemas con los resintos que lo sostienen.

- El botón de parada de emergencia no se queda hundido.
- Al igual que en el torno IMCUTURN, hay que realizar cambio de aceite en la caja de velocidades.
- Cambiar el refrigerante, hacer limpieza de la tubería, inspeccionar bomba.

Taladro Fresador IMCUBEL COM-03-20.

Hay que reemplazar girón de bronce cónico del avance automático de marca **YATECO**, para el eje X.

Taladro Fresador IMCUBEL COM-03-40.

- Requiere una base en ángulo para elevar su altura.
- Reparar manivelas para el avance de la mesa de coordenadas.
- Es necesario realizar su revisión.
- Cuidar el sistema de refrigeración, tiene defectos, no retorna el fluido al tanque.

Taladro, general de banco.

- Es necesario fabricar cojines de ajuste en las presas de coordenadas.
- Comprar platina de bronce latón de 3/16 de pulg. x 2 pulg. x 1 metro.
- Comprar un pin de seguridad, para evitar que la mesa circular se incline fácilmente.

Taladro de pedestal.

Cambiar correa de la caja de velocidades, arreglar palanca para la selección del motor.

Activar W
Ve a Configurar

Fuente: El autor

Intentar aplicar lo definido y la inserción de estas actividades en el ciclo: Se incluye en la programación del semestre y en las rubricas de la asignatura la evaluación con los estudiantes y docentes.

PASO 4:

Elaborar un plan de inspección: La inspección se desarrolla al comienzo de cada sesión, el docente encargado, junto con el técnico de turno revisan las M.H. que se usarán en la jornada y se diligencia el recibido a satisfacción del área de mecanizado.

Figura 19 Inspección de maquinaria



Fuente el Autor

PASO 5:

Dar instrucciones sobre el desempeño de las operaciones del proceso y métodos para manejar fenómenos anormales: Se incluye en los protocolos de laboratorio y en carteles, los procedimientos para la solución de posibles fallas, así como los detalles que indiquen las condiciones de funcionamiento tanto normales como posibles anomalías.

Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF) torno

<p>Falla: Atascamiento del carro principal Modo de Falla: Obstrucción en la guía por presencia de viruta o elementos externos Efectos de las Fallas: Desplazamiento frenado del carro principal, generando problemas para el mecanizado y dimensiones incorrectas. Acciones Preventivas: Limpiar la viruta después de un proceso de mecanizado. Frecuencia Diaria. Revisar que no existan objetos externos encima de la bancada que puedan entorpecer el recorrido del carro principal. Frecuencia Diaria.</p>
<p>Elemento: Bancada Falla: Deslizamiento del carro principal Modo de Falla: Desgaste en las guías Efectos de las Fallas: Desplazamiento frenado del carro principal dando mal mecanizado en las piezas y dimensiones incorrectas Acciones Preventivas: Limpiar la viruta. Frecuencia Diaria. Lubricar adecuadamente para prevenir desgaste en las guías. Frecuencia Semanal.</p>
<p>Elemento: Cabezal Fijo Falla: No gira el Plato Modo de Falla: Correas de transmisión estiradas Efectos de las Fallas: No hay transmisión de movimiento hasta no corregir la falla Acciones Preventivas: Cambio de correa. Frecuencia en el momento que falle Ajuste de poleas. Frecuencia Mensual o cada vez que ocurra.</p>
<p>Elemento: Cabezal Fijo Falla: No gira el Plato Modo de Falla: Desgaste o corrosión en las poleas Efectos de las Fallas: Motor eléctrico dañado por no poder transmitir el movimiento de rotación (parada del equipo) Acciones Preventivas: Lubricación correcta de las poleas. Ajuste de poleas. Frecuencia Semanal. Reemplazo de las poleas. Frecuencia Mensual.</p>
<p>Elemento: Cabezal Fijo Falla: No hay cambios en la velocidad de paso Modo de Falla: Desgaste en los engranes o fractura de algún diente de dicha caja Efectos de las Fallas: Mal mecanizado y problemas en operaciones de torneado Acciones Preventivas: Limpiar y engrasar adecuadamente los engranajes de la caja de velocidades para proteger contra el desgaste Frecuencia Mensual.</p>
<p>Elemento: Carro Principal Falla: Descarrilamiento Modo de Falla: Mal montaje del elemento Efectos de las Fallas: Se imposibilita la operación de torneado Acciones Preventivas: Ser cuidadosos en el montaje del carro y hacer pruebas antes de mecanizar como una calibración.</p>

PASO 6

Mejorar la eficiencia en acciones: Se investigan las frecuencias en las solicitudes y costos de mantenimiento en las hojas de vida de las M.H. y empezar a llevar un registro de estos para poder comparar más adelante.

Figura 20 Costos de mantenimiento


COSTOS MATERIALES	UNIDADES DE VOLUMEN	CANTIDAD	Vr/ UNIDAD	Vr/ TOTAL
Aceite	SAE 15	1 tarro	\$ 72.000	\$ 72.000
Bronce	8,90 g/cm³	1	\$ 115.000	\$ 115.000
Tornillo	de 10mm rosca fina	1	\$ 50.000	\$ 50.000
Tuerca	rosca fina	1	\$ 20.000	\$ 20.000
Pulsador	240V 3A	3	\$ 80.000	\$ 160.000
Rodamiento axial	10x24	4	\$ 45000	\$ 180.000
Pintura	Color esmeralda	1 tarro	\$10.000	\$10.000
Cableado	De cobre	5 metros	\$840	\$4.200

Fuente: Ingeniero Mecánico Edwin Garrido

PASO 7

Aplicación del mantenimiento autónomo alineado a políticas de la universidad: Desarrollar, socializar y publicar una política de Mantenimiento Autónomo: “La Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito adopta en sus equipos, máquinas y herramientas una política de mantenimiento autónomo basado en la prevención y predicción siguiendo las recomendaciones del fabricante”, inicialmente en el área de mecanizado a través de los protocolos de los procesos que allí se cursan para que pueda trascender al resto del laboratorio y luego a la universidad.

Figura 21 Política de mantenimiento



INTRODUCCIÓN

El torneado es un importante proceso de fabricación que busca obtener un producto con ciertas características y dimensiones a través de uso de máquinas (torno) y herramientas de corte (buriles), que generan un desprendimiento de material (viruta).

OBJETIVOS

- Demostrar la importancia de la máquina – herramienta, torno.
- Identificar las partes más importantes de la máquina y sus funciones.
- Conocer los tipos de herramientas de corte y accesorios requeridos para procesos en el torno.
- Diferenciar algunas de las operaciones del torno.
- Operar la máquina y calcular las velocidades de trabajo, según el conocimiento adquirido mediante asesoría técnica y demostraciones prácticas del docente, teniendo en cuenta el tipo de operación a realizar (desbaste, acabado).

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

- Se recomienda estar siempre atento y concentrado en el trabajo de máquina, evitar celulares, charlas o juegos que distraigan al operador y al personal que se encuentra cerca de la máquina.
- Siga las instrucciones del profesor en todo momento.
- Use guantes (sólo cuando el equipo esté apagado, y vaya a limpiarse o retirarse la pieza; no cuando el equipo esté en movimiento), gafas de seguridad, cofia (estudiantes con cabello largo), overol y botas de seguridad (con puntera metálica).
- Conozca el funcionamiento del equipo antes de interactuar con el mismo.
- Mantenga las manos alejadas de los engranajes, mordazas o husillos, con el fin de evitar aplastamientos.

- Asegúrese que las mordazas ejerzan la fuerza de agarre suficiente para sujetar con seguridad la pieza de trabajo.
- Siempre quite la llave del elemento de sujeción (mandrill) y póngala en un lugar alejado de las partes de la máquina en movimiento, inmediatamente después de usarla, ya que ésta puede volverse un proyectil. Cerciórese de esto antes de dar encendido a la máquina para evitar accidentes.
- El proceso de mecanizado genera temperatura (alrededor de 420 °C) y filos o aristas agudas sobre las piezas trabajadas, por lo que se requiere el uso de guantes para la manipulación de piezas y rebabas que puedan generarse durante el proceso.
- Utilice las guardas y barreras que tiene la máquina.
- No realice operaciones diferentes al mecanizado sobre las piezas (pulir, tomar medidas), mientras la máquina esté en movimiento.
- No realice cambios de velocidad, mientras la máquina esté en funcionamiento.
- Apague la máquina y espere a que ésta se detenga completamente (incluso oprima el botón de emergencia) antes de realizar operaciones de limpieza, quitar rebabas, desmontar piezas o cambiar herramientas.
- No utilice ni la mano ni barras, para palanquear y hacer más lento el movimiento del mandrill o detenerlo. Siempre emplee los controles de la máquina para encender o apagar la misma.
- No debe acercar las manos a las partes en movimiento de la máquina.
- No se permite el uso de corbatas, aretes, relojes, anillos, pulseras, collares, pulseras, o vestimenta holgada, que pueda ser atrapada por las partes móviles de la máquina.

POLÍTICA DE MANTENIMIENTO

La Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito adopta en sus equipos, máquinas y herramientas una política de mantenimiento autónomo basado en la prevención y predicción siguiendo las recomendaciones del fabricante.

Fuente: Protocolo de mecanizado Escuela Colombiana de Ingeniería modificado por el autor

4.1.2 PILAR MANTENIMIENTO PROFESIONAL

PASO 0

Priorización de los equipos: De acuerdo con los conceptos del proveedor de servicios de mantenimiento se tienen en cuenta cuales equipos requieren, por su función, uso, calidad, riesgo etc, más atención en la programación y ejecución del mantenimiento.

PASO 1

Eliminación y prevención del deterioro: Se revisan y reparan las superficies y sistemas de las M.H. y de las herramientas que presenten corrosión y se solicita el cambio frecuente de los ductos y accesorios de refrigeración de las M.H.

Figura 22 Mantenimiento de Sistemas de un torno



Fuente: Ingeniero Mecánico Edwin Garrido

PASO 2

Análisis de desglose: Se revisan las hojas de vida de las M.H. y se tiene la información para establecer el desglose de los dos últimos años, se analizan las causas de los mantenimientos y se etiquetar los componentes susceptibles de fallos.

Figura 23 Hoja de vida de torno paralelo

Fuente: Laboratorio de procesos Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito

PASO 3

Identificación y lista de componentes sujetos a desgaste: Se desarrolla una lista con los componentes que sufren mayor desgaste en el funcionamiento de las M.H. y se monitorean los efectos de las acciones correctivas.

Figura 24 Lista de Componentes torno paralelo

No.	Componente	Código
1	La Bancada	TC-01
2	Cabozal Fijo	TC-02
3	Carro Principal de Bancada	TC-03
4	Carro de Desplazamiento Transversal	TC-04
5	Carro Superior Porta Herramienta	TC-05
6	Porta Herramienta	TC-06
7	Caja de Movimiento Transversal	TC-07
8	Mecanismo de Avance	TC-08
9	Tornillo de Roscar o Patrón	TC-09
10	Barra de Cilindrar	TC-10
11	Barra de Avance	TC-11
12	Cabozal Móvil	TC-12
13	Plato de Mordaza (Usillo)	TC-13
14	Palancas de Comando del Movimiento de Rotación	TC-14
15	Contrapunta	TC-15
16	Guía	TC-16
17	Patas de Apoyo	TC-17
18	Platos de tres y cuatro garras (Muelas)	TC-18
19	Porta Herramienta o Porta Cuchillas	TC-19
20	Cuchillas de Tronzar, Roscar y Refrontar	TC-20
21	Llave de Ajustar Mordazas	TC-21
22	Llaves Fijas 1/2 y 3/4	TC-22
23	Mandril	TC-23
24	Mechas de Centro	TC-24
25	Gramil	TC-25
26	Martillo de Goma	TC-26
27	Moleteador	TC-27

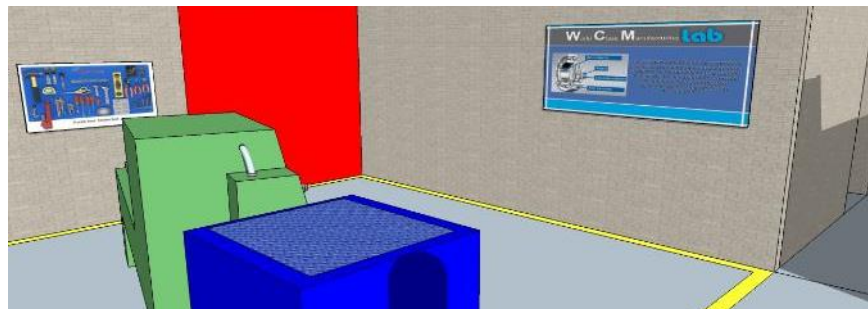
Fuente: Ingeniero Mecánico Edwin Garrido

4.1.3 DESARROLLO DE PERSONAL

PASO 1

Establecer Principios y directrices: Derivadas de la política, socializadas en las redes sociales y con material gráfico.

Figura 25 Publicación de la política de mantenimiento



Fuente: El autor

PASO 2

Analizar errores humanos: A partir del análisis de desglose, se definen las causas derivadas de errores humanos.

PASO 3

Establecer el foco de capacitación para reducir pérdidas por errores humanos: A partir del análisis de errores humanos, se determinan cuales se pueden reducir o eliminar a través de capacitaciones o entrenamientos.

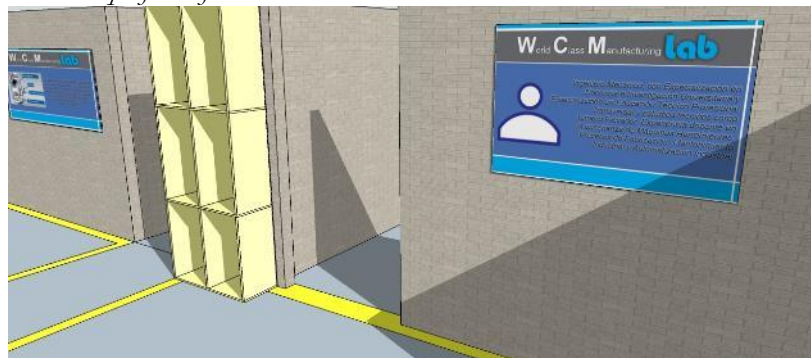
PASO 4

Establecer y revisar los sistemas de formación para el desarrollo de habilidades de expertos: Se revisan los planes y programas de capacitación que ofrece la universidad para sus colaboradores y se motiva y se sugieren los que son afines con el proyecto.

PASO 6

Recaltar habilidades específicas y electivas: A través de los perfiles de los técnicos y docentes se publican los proyectos en los que han participado, a través de redes sociales y cartelera informativa.

Figura 26 Publicación de perfil de funcionario



Fuente: El autor

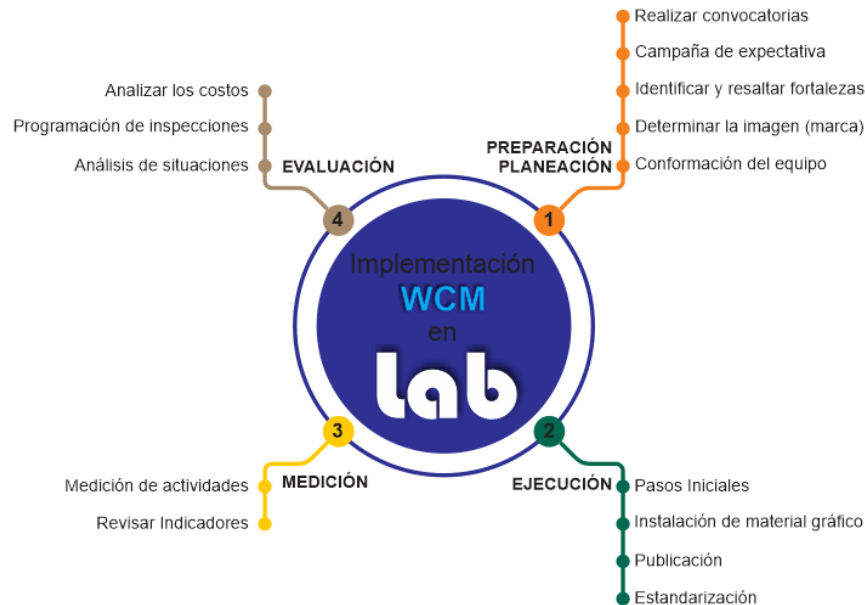
PASO 7

Evaluación continua: Al finalizar cada periodo se desarrolla una evaluación 360° mediante el análisis de resultados de las encuestas de satisfacción.

4.2 PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO

Para la implementación del modelo se propone inicialmente abordar el tema de desarrollo de las personas, luego el mantenimiento autónomo y finalmente el mantenimiento profesional.

Figura 27 Propuesta de Implementación



Fuente: El autor

1. Conformación del equipo: es importante que en el equipo se conforme voluntariamente, solo quienes tengan el interés de pertenecer harán parte de este; el mínimo ideal sería: dos estudiantes de por lo menos 7º semestre, un técnico, un docente y un directivo.

2. Determinar la imagen (marca): ya teniendo una primera base del equipo definir un nombre, una imagen (logotipo, lema, colores etc) para comenzar a utilizarla en materiales y elementos de trabajo como camisetas, overoles, gorras, papelería etc.

3. Identificar y resaltar las fortalezas (habilidades - competencias) de cada uno de los miembros del equipo, también aspectos en los que se pueda adquirir o mejorar los perfiles.

4. Campaña de expectativa: Hasta este momento solo los integrantes del equipo saben del proyecto, a través de redes sociales y de medios oficiales se comienza a dar una idea no todo con el fin de generar en la comunidad la atención por medio de la curiosidad.

5. Pasos Iniciales: Los integrantes del equipo comienzan con los primeros pasos, en las reuniones programadas se han definido los proyectos y las actividades de orden y limpieza con miras a detectar y analizar el origen y la mitigación o solución de estos.
6. Análisis de situaciones en donde se hayan presentado errores humanos.
7. Instalación de material gráfico y buzón en el laboratorio y publicación en sitio web.
8. Medición: Se recomienda en estas primeras actividades registrar los tiempos, frecuencias, cantidades de herramientas y materiales consumidos, esto con el fin de poder más adelante compararlos en momentos diferentes.
9. Publicación: En este momento la comunidad conoce el proyecto y se empiezan a dar conocer los pequeños cambios y por tanto se inicia la motivación a participar desde cada uno de los roles.
10. Estandarización de actividades de limpieza y lubricación, en temporadas de receso académico y antes de finalizar las sesiones de clase durante el periodo académico, a través de planes de mantenimiento, y de protocolos de procesos
11. Programación de inspecciones, determinación de las frecuencias de acuerdo con los resultados de las mediciones.
12. Analizar los costos tanto los generados por el programa, como los que se cree que se han reducido desde el inicio del programa.
13. Realizar convocatorias y publicaciones dirigidas a quienes quieran aportar ideas o participar de actividades que vayan en la misma dirección del proyecto.
14. Ejecución de proyectos y programas.
15. Revisar de acuerdo a la frecuencia establecida los indicadores y tomar las decisiones derivadas.

4.3 PROPUESTA DE INDICADORES DEL CAMBIO

Con el fin de poder evidenciar un cambio en la gestión del laboratorio se proponen los siguientes indicadores que se medirán antes, después de implementar el proyecto y con una frecuencia bimensual (con el fin de poder evaluar los periodos intermedios):

Tabla 12 Indicadores

INDICADOR	RESPONSABLE
Tiempos de limpieza (% variación)	Líder del proyecto + técnico
Tiempos de inspección (% variación)	Líder del proyecto + técnico
Tiempos de lubricación (% variación)	Líder del proyecto + técnico
Consumo de aceites (% variación)	Líder del proyecto
Personas involucradas (Cantidad incremento)	Líder del proyecto
Perfiles de personas mejorados (Cantidad incremento)	Líder del proyecto
Disponibilidad de máquinas (% variación por área)	Líder del proyecto + técnico
Costos de mantenimiento (% variación por maquina)	Líder del proyecto
Satisfacción del servicio (% variación)	Líder del proyecto + técnico

Fuente: El autor

4.4 PROPUESTA DE PROGRAMA DE DIVULGACIÓN

Con el fin de lograr una efectiva difusión y divulgación del proyecto, se propone el siguiente programa:

1. Campaña de expectativa, en medios digitales como la página web y el periódico, en las redes sociales oficiales como facebook e instagram de la universidad y en los medios tradicionales como las carteleras y televisores.
2. Lanzamiento del proyecto, mediante una actividad demostrativa de procesos avanzados semejantes a los que se desarrollan en el área en la que se iniciará la implementación del proyecto; se transmite en tiempo real a través de las redes sociales oficiales de la universidad y será registrada para ser divulgada como noticia a través de los medios institucionales y de los nuevos creados exclusivamente para el proyecto.
3. Concursos y actividades para motivar y ampliar la participación de la comunidad.
4. Publicación de resultados medibles, en medios de comunicación oficiales de la Universidad.

5. Publicación del proyecto a otras IES, en eventos de divulgación de investigaciones y en medios oficiales de las mismas.

5 Conclusiones y Recomendaciones

De la Identificación y selección de necesidades de stakeholders y procesos:

Para identificar las necesidades de los stakeholders del laboratorio fue necesario inicialmente determinar quiénes son, luego conocer los procesos tanto de gestión como los industriales que allí se llevan a cabo para seleccionar con cuáles se desarrolla el modelo de gestión.

Se determinó que los stakeholders primarios del Laboratorio de Procesos de la IES son estudiantes, técnicos laboratoristas, profesores y directivos mediante entrevistas personales.

Los estudiantes de Ingeniería Industrial son quienes más usan el laboratorio para recibir clases programadas una vez por semana, las áreas que más utilizan son las de mecanizado (torneado y fresado), también los materiales utilizados, el mantenimiento y la seguridad industrial son los aspectos donde se encuentra la mayor oportunidad para mejorar en el Laboratorio de Procesos de la IES.

Con el presente estudio se logró determinar la percepción del servicio que tienen los usuarios del Laboratorio de Procesos del caso de estudio a través de una encuesta.

A través del cuestionario de las encuestas fue posible determinar cuáles deben ser los pilares en los que se debe basar el modelo de gestión WCM para el Laboratorio de Procesos de la IES, los cuales son mantenimiento y desarrollo de personal.

Se encontraron otros aspectos importantes para mejorar, manifestados por los usuarios encuestados como comentarios adicionales son: actualización de maquinaria y equipos, ampliación y modernización de los espacios físicos (5), orden y aseo de las áreas (2), ampliación de los horarios para prácticas libres, agilizar procesos internos de compras y equidad con el servicio a todas las carreras.

En la estructura del funcionamiento del laboratorio se presentan dos ejes que son el académico y el administrativo, los cuales convergen en cada una de las actividades y procesos que allí se desarrollan, el eje académico de acuerdo al objetivo del uso y el administrativo mediante la disponibilidad de los recursos.

El presente estudio busca desarrollar un modelo de gestión con base en pilares de WCM en el caso de estudio el Laboratorio de Procesos de la IES que además pueda ser referente para otras instituciones.

De los modelos de gestión:

Los modelos de gestión basados en los pilares de Mantenimiento Autónomo, Mantenimiento Profesional y Desarrollo de las Personas se pueden aplicar en laboratorios de Instituciones de Educación superior IES donde se busque incrementar la competitividad y además evidenciar con los estudiantes sus beneficios logrando crear en ellos una cultura de clase mundial.

Se requiere de total apoyo y participación de las directivas de las IES para lograr aplicar con éxito los modelos de gestión y que sean apropiados por todas las partes interesadas.

La implementación de los modelos de gestión se puede desarrollar por fases o etapas comenzando por áreas o procesos modelo y luego replicarlas en las demás.

Al comienzo de la aplicación de los modelos, el personal técnico de las IES que no pertenece a los equipos del proyecto, puede presentar indiferencia, pero luego de evidenciar los beneficios logrados por las áreas modelo, por iniciativa propia solicitarán hacer parte de estos.

Bibliografía

- Association of Swedish Automobile Manufacturers and Wholesalers. (1997). *Producentansvar för uttjänta bilar: Rapport till Naturvårdsverket om hur bilindustrin avser att hantera producentansvaret för uttjänta bilar. [Producer responsibility for used cars: Report to the Environmental Protection Agency on how the car industry intends to handle the producer responsibility for used cars]*. 1 October 1997. Stockholm: Bilindustriföreningen.
- Backman, Mikael, Huisingsh, Donald, Lidgren, Karl, & Lindhqvist, Thomas. (1988). *Om en avfallsstyrd produktutveckling [About a Waste Conscious Product Development]*. Report 3488. Solna: Swedish Environmental Protection Agency.
- Brinkmann, Walter, & Fonteyne, Jacques. (1999). Extended Producer Responsibility. Monitoring Performance. In *OECD Workshop on Extended Producer Responsibility and Waste Minimization Policy in Support of Environmental Sustainability*, 4-7 May 1999, Paris.
- Benitez, Celia (2012). World Class Manufacturing como perspectiva para el liderazgo empresarial. Universidad de Sevilla, España
- De Felice, Fabio; Petrillo, Antonella y Monfreda, Stanislao (2013). Improving Operations Performance with World Class Manufacturing Technique: A Case in Automotive Industry. IntechOpen, ItalyGutiérrez (2009)
- Gutierrez, Julian (2009). Aplicabilidad de las metodologías de diseño de producto en el desarrollo y creación de páginas web y diseños gráficos. Universidad EAFIT, Medellín, Colombia
- Lou, Amy H; Elnenaicia, Manal O; Sadeka, Irene; Thompson, Shauna; Crocker, Bryan D; y Nassar, Bassam A. (2017). Multiple pre- and post-analytical lean approaches to the improvement of the laboratory turnaround time in a large core laboratory. *ClinicalBiochemistry*50. Canada
- Poor, Peter; Kocisko, Marek; Krhel, Radoslav (2016). World Class Manufacturing (Wcm) Model as A tool for Company Management. Actas del 27º Simposio Internacional DAAAM sobre Manufactura y automatización inteligente. Viena, Austria
- Programa de Ingeniería Industrial (2004) Proyecto de formación. Documento base de Registro Calificado. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- Reyes, Primitivo (2009) Mantenimiento Productivo Total para Operadores. Recuperado de https://www.academia.edu/17014435/Curso_TPMOperadores.
- Salazar, Bryan (2016) Mantenimiento Productivo Total TPM. Recuperado de: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/>
- Shikhar, Justin; Gallo, Akhil; Agarwal, Stephen; Ellis, Umesh; Khot, Robin y Kapadia, Samir (2016). Impact of lean six sigma process improvement methodology on cardiac catheterization laboratory efficiency. *Revista Cardiovascular Revascularization Medicine*. Cleveland, EEUU
- Sobre el Laboratorio (S.F.) Recuperado el 11 de octubre de 2018, del sitio web de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, https://www.escuelaing.edu.co/es/laboratorios_programa?lab=4
- Ulrich, Karl (2009). *Diseño y desarrollo de productos*. McGrawHill, México

Abreviaciones

EPA Agencia para la protección Ambiental (Environmental Protection Agency)

WCM Fabricación de Clase Mundial (World Class Manufacturing)

IES Instituciones de Educación Superior

TPM Manttenimiento Productivo Total

BDM Mantenimiento basado en las condiciones (en desglose)

TBM Mantenimiento basado en el tiempo (periódica)

CBM Mantenimiento basado en las condiciones (según condición)

Apéndices

1. Encuesta para usuarios del laboratorio de procesos industriales de la escuela.

De que área y que tipo de usuario es usted del Laboratorio de Procesos Industriales de la Escuela?

	Estudiante	Profesor	Directivo	Técnico	Otro
Ingeniería Industri...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ingeniería Mecáni...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ingeniería Eléctrica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ingeniería Electró...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ingeniería Civil	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ingeniería Ambie...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ingeniería Biomed...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ingeniería Sistem...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

De cual área del Laboratorio de Procesos de la Escuela es o ha sido usuario?

- Metrología
- Mecanizado Torno
- Mecanizado Fresadora
- Mecánica de banco
- Soldadura
- Estudio del trabajo
- Ergonomía y condiciones de trabajo
- Polímeros
- Polvos metálicos y cerámicos
- Salones de estudio

Cual ha sido el objetivo del uso del Laboratorio de Procesos de la Escuela?

- Recibir clases programadas de laboratorio
- Impartir clases en el Laboratorio
- Desarrollar proyectos para otras materias
- Desarrollar proyectos personales
- Prestar el servicio del Laboratorio
- Desarrollar proyectos de investigación
- Otra...

Con que frecuencia usa o ha usado el Laboratorio de Procesos de la Escuela?

- 1 vez / año
- 1 vez / semestre
- 1 vez / mes
- 1 vez / semana
- mas de 1 vez / semana
- Otra...

Cual es su grado de satisfacción después de haber sido usuario del Laboratorio de Procesos de la Escuela? siendo 5 muy satisfecho y 1 insatisfecho

	1	2	3	4	5
Mantenimiento d...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Seguridad e higie...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Personas que ate...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Materiales usados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Que aspectos y en que grado de importancia considera que debería mejorar el Laboratorio de Procesos de la Escuela? siendo 5 muy importante y 1 menos importante

	1	2	3	4	5
Mantenimiento d...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Higiene y Segurid...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Orden, aseo y pre...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Formación y Cap...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Calidad y cantida...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aspectos e Impac...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Programación del...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

En este espacio usted podrá realizar comentarios o sugerencias personales acerca del Laboratorio de Procesos de la Escuela, muchas gracias

Texto de respuesta largo

2. Cuestionario de Preguntas de la entrevista con directivos del laboratorio para determinar los stakeholders.

La primera entrevista se realizó en la oficina de la ingeniera Adriana Esguerra Arce, directora (E) del Centro de Estudios de Gestión de Tecnología e Innovación CGETI el segundo semestre de 2018.

La primera pregunta fue con respecto de la organización administrativa u organigrama del laboratorio:

¿Cuáles son las funciones que desarrolla el laboratorio?

¿Quiénes son las personas encargadas del funcionamiento del laboratorio?

¿Cómo es el proceso de uso del Laboratorio de Procesos de la Escuela?

¿Para Ud. cuáles son los principales problemas que se presentan en el laboratorio?

¿Cuáles son las normas o manuales con los que se guía el laboratorio?