

# 1. TITULO

“Diseño e implementación del Programa anual de Conservación integrado para la Gestión de los Recursos de la Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP), con enfoque en la mejora continua” [1]

# 2. AUTORES

Xavier Desiderio Calderón<sup>1</sup>, Ph.D. Kleber Barcia Villacreses<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ingeniero Industrial 2006, xdesider@espol.edu.ec

<sup>2</sup> Director de Tesis, Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1987, Master en Economía Agrícola, Texas A&M, 1996, Ph.D en Ingeniería Industrial, 2003. Profesor de ESPOL desde 1989, kbarcia@espol.edu.ec.

# 3. RESUMEN

El objetivo es diseñar e implementar un programa anual de conservación integrado, con enfoque en la mejora continua, para la gestión e integración de los procesos de conservación de construcciones y equipos de los laboratorios de la FIMCP. “Conservación es toda actividad humana que, mediante la aplicación de los conocimientos científicos y técnicos, contribuye al óptimo aprovechamiento de los recursos”[2].

La Metodología de la Conservación consta de tres etapas. En la primera se identifican los problemas, recolectan los datos y se levanta la información; la segunda etapa incluye las herramientas para administrar la conservación, optimizar el presupuesto de manutención con el *índice de clasificación para los gastos de conservación* [3], jerarquizar el inventario, por medio de Pareto, para la mejor gestión de los recursos, minimizar los costos y la optimización de los intervalos de conservación y finalmente elaborar los planes contingentes. En la tercera etapa, se utilizan las herramientas de la ingeniería industrial como diagramas de flujo, estudio de tiempos y balanceo, rediseño de descripción del puesto y estudio de requerimientos de materiales.

Por último, con el análisis de tendencias y financiero se estimó el ahorro (beneficio) para la FIMCP, y la inversión requerida para la ejecución de las mejoras y la viabilidad del proyecto.

The objective is to design and to implement an integrated annual program of conservation, focus in the continuous improvement for the administration and

integration of the processes of conservation of constructions and teams of the laboratories of the FIMCP. "Conservation is all human activity that, by means of the application of the scientific and technical knowledge, it contributes to the good use of the resources" [2]

The Methodology of the Conservation consists of three stages. In the first one, to identify problems, to gather data and to lift the information; the second, include the tools to administer the conservation, to optimize the maintenance budget with the *Ranking index for Maintenance Expenditure* [3], to rank the inventory, by means of Pareto, for the best administration in the resources, to minimize the costs and the optimization of the conservation intervals, to elaborate the contingent plans. In the third stage, the tools of the industrial engineering are used as diagrams of flow, study of times and balancing, redesign of description of the position and study of requirements of materials.

Lastly, with the analysis of tendencies and financial, it was considered the saving (benefit) for the FIMCP, and the investment required for the execution of the improvements and the viability of the project.

## 4. INTRODUCCION

Como consecuencia de los problemas presentados en los actuales procesos de limpieza y mantenimiento de construcciones y equipos de los laboratorios, se encuentra la necesidad de llevar a cabo la Gestión de los Recursos dentro del proceso integral de mejora continua en el Sistema de Gestión de la Calidad que desarrolla la FIMCP. Para lograrlo deberá aplicarse una metodología que permita paso a paso definir e identificar los problemas, reducirlos, controlarlos, integrarlos y mejorarlos.

La metodología de la planeación y control de la conservación (que se divide en: Preservación, que es la acción humana encargada de evitar daños a los recursos existentes, y Mantenimiento, que es la actividad humana que garantiza la existencia de un servicio dentro de una calidad esperada) permitirá integrar los procesos de la Gestión de los Recursos como son la limpieza y mantenimiento y a su vez controlarlos dentro de un ambiente de mejora continua junto a las herramientas de la ingeniería industrial [4]. Se explican los beneficios obtenidos con la aplicación de herramientas que permiten lograr: la reducción de costos y actividades que no agregan valor; clasificación y orden, mejora del ambiente de trabajo, cuidado de la infraestructura, mejor control e integración de los procesos de conservación preventiva de construcciones y equipos de los laboratorios. Además, a nivel de viabilidad económica del proyecto se logra la disminución del déficit para la Facultad en el costo que le representa educar académicamente a cada alumno en sus predios [1].

## 5. CONTENIDO

### 5.1. Primera etapa: Identificación de las causas del problema, recolección de datos y levantamiento de la información

Con la ayuda del análisis Ishikawa [2], se obtuvo el efecto de los problemas de los procesos en estudio, con ello se planteó la respectiva solución.

**Tabla 1 Efecto de las causas de los problemas de la preservación preventiva**

<b>EFEECTO</b>
Que la FIMCP no se beneficie de la mejora continua en la gestión de sus recursos, pudiendo no pasar las futuras auditorias de seguimiento a su Sistema de Gestión de la Calidad, esto incluye no contar con un programa integrado de conservación dinámico ni una filosofía de mejora continua para los procesos actuales de conservación y por lo tanto la no satisfacción del cliente.

**Tabla 2 Una solución de los problemas de la preservación preventiva**

<b>SOLUCIÓN</b>
Diseñar e implementar los planes individuales y programa anual de conservación integrado basados en la metodología de planeación y control de las actividades de conservación y de las herramientas de ingeniería industrial, enfocándose en la mejora continua, para disminuir o eliminar las causas del problema, evitando las no conformidades futuras, de la gestión de los recursos, en las auditorias de seguimiento.

Se recolectaron datos, con el soporte de [1]:

- La observación directa realizada a los procesos de conservación (Preservación preventiva a construcciones y equipos de los laboratorios de la FIMCP)
- Resultados de la encuesta a los Auxiliares de Servicio.
- Resultados del Formulario de los planes de conservación a los Jefes de los Laboratorios.
- Página web de la Facultad ([www.fimcp.espol.edu.ec](http://www.fimcp.espol.edu.ec))
- Inventario de equipos de los laboratorios de la Facultad.
- Realización de mediciones y de los planos a las distintas construcciones de la Facultad.
- Inventario de las construcciones de la FIMCP.

## 5.2. Segunda Etapa: Herramientas para administrar la conservación


### Índice de Clasificación de gastos de conservación

Se tiene el índice de clasificación de los gastos de conservación (ICGM), el cual, se basa en el código máquina (que identifica los recursos por atender) y código trabajo (que identifica cada tipo de trabajo por realizar en dichos recursos). El índice ICGM se obtiene de la multiplicación de estos dos factores, éste índice tiene como aplicaciones la jerarquización de las labores de conservación de acuerdo con su importancia relativa. Además, induce mediante el código máquina, en la clasificación de los equipos y construcciones, determinando si son vitales, importantes o triviales, para definir la clase y cantidad de trabajo que se les debe proporcionar [2].

### Inventario jerarquizado de conservación

El inventario de conservación, es un listado de los recursos por atender, como equipos y construcciones (o edificaciones) de la Facultad. La correcta gestión de estos inventarios permitirá reducir costos y enfocarse en los que necesitan más atención. Con la combinación del código máquina y el principio de Pareto se obtiene el inventario jerarquizado de conservación identificando los recursos vitales, los importantes y los triviales [2].

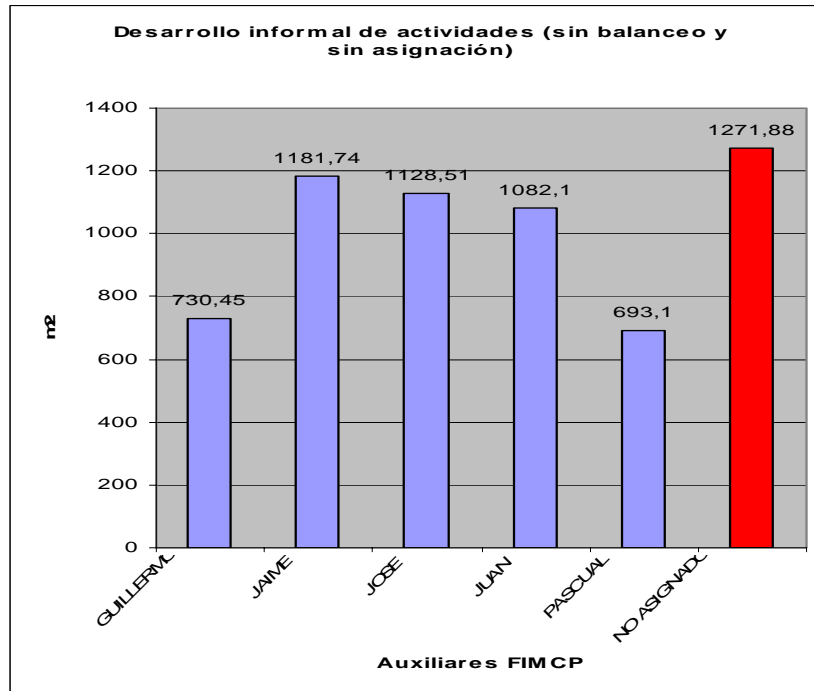
**Tabla 3 Jerarquización de equipos y construcciones con código de máquina y pareto**

 <b>FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN</b> <b>JERARQUIZACIÓN POR CÓDIGO MÁQUINA Y/O CRITICIDAD</b>						
No.	EQUIPOS Y CONSTRUCCIONES	#	CRITICIDAD	CÓDIGO MÁQUINA	% ACUM	CLASIFICACIÓN
1	Caldera (didáctica), lab. termo	1	5	10	19 / 189 = 10,05%	V I T A L E S
2	Caldero de 400lb/vap	1	5	10		
3	Máquina de soldar, lab. Metalurgia	1	5	10		
4	Banco de pruebas 4t a gasolina, lab. termo	1	5	9		
5	Banco metalográfico, lab. Metalurgia	1	5	9		
6	Horno de tratamiento térmico, lab. Metalurgia	1	5	9		
7	Pulido electrolítico, lab. Metalurgia	1	5	9		
8	Turbina de vapor (caldera), lab. termo	1	5	9		
9	Autoclave vertical, lab. alimentos	1	4	8		
10	Cámara de flujo laminar, agropecuaria	1	4	8		
11	Estufa universal, cap 108 l, lab. alimentos	1	4	8		
12	Evaporador de película ascendente	1	4	8		
13	Autoclave, agropecuaria	1	4	8		
14	Cortadora de discos, lab. Metalurgia	1	4	8		
15	Electroplating, lab. Metalurgia	1	4	8		
16	Estufa universal, cap 32 l, lab. alimentos	1	4	8		
17	Estufa, agropecuaria	1	4	8		
18	Intercambiador de calor, lab. termo	1	4	8		
19	Supercalentador (caldera), lab. termo	1	4	8		

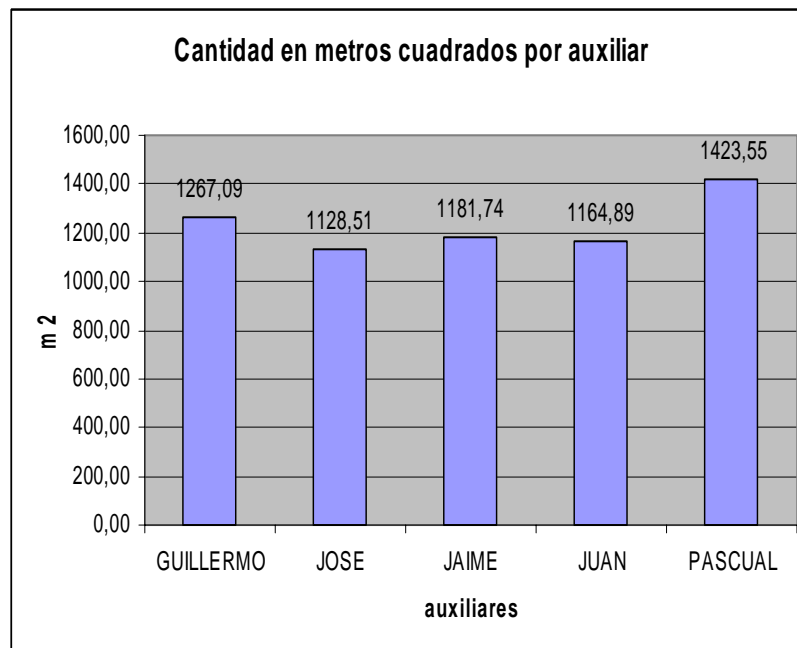
20	Compresor 1 etapa, lab. termo	1	3	7		
21	Compresor 2 etapas, lab. termo	1	3	7		
22	Destilador de agua, agropecuaria	1	3	7		
23	Incubadora microbiológica, lab. alimentos	1	3	7		
24	Incubadora, agropecuaria	1	3	7		
25	Motor 4 t diésel, lab. termo	1	3	7		
26	Túnel de humo, lab. termo	1	3	7		
27	Túnel supersónico, lab. termo	1	3	7		
28	Centrífuga, agropecuaria	1	3	6		I
29	Equipo banco de bombas, lab. termo	1	3	6		
30	Máquina de impacto, lab. Met y ens	1	3	6		M
31	Máquina universal de ensayo, ESPOL	1	3	6		
32	Máquina universal de ensayo, INSTRON	1	3	6		
33	Olla de esterilización, lab. agropecuaria	1	3	6		P
34	Planta de tratamiento de agua, cald lab. termo	1	3	6		
35	Torre de enfriamiento, lab. termo	1	3	6		
36	Túnel subsónico, lab. termo	1	3	6		O
37	Condensador, lab. termo	1	3	5		
38	Equipo de medidores de flujo, lab. termo	1	3	5		
39	Medidores de dureza, lab. Metalurgia	1	3	5		R
40	Motor 4 t compresión variable, lab. termo	1	3	5		
41	Plato caliente agitador, lab. agropecuaria	1	3	5	43 / 189	
42	Potenciómetros, lab. agropecuaria	1	3	5	=	T
43	Turbina Francis, lab. termo	1	3	5		
44	Turbina Pelton, lab. termo	1	3	5		
45	Aire acondicionado (didáctico), lab. termo	1	2	4	22,75%	A
46	Balanza analítica, lab. Metalurgia	1	2	4		
47	Balanza electrónica, lab. alimentos	1	2	4		N
48	Equipo de convección y radiación, lab. termo	1	2	4		
49	Lámpara de luz negra, lab. Metalurgia	1	2	4		
50	Platos calientes, lab. agropecuaria	1	2	4		
51	Taladro de pedestal, lab. termo	1	2	4		T
52	Balanza electrónica, agropecuaria	1	2	3		
53	Banco oleohidráulico, lab. termo	1	2	3		E
54	Equipo de flujo laminar, lab. termo	1	2	3		
55	Equipo de impacto de chorro, lab. termo	1	2	3		
56	Esteroscopios, lab. alimentos	1	2	3		S
57	Microscopio metalográfico, lab. Metalurgia	1	2	3		
58	Microscopios (2), lab. Metalurgia	1	2	3		
59	Negatoscopio, lab. Metalurgia	1	2	3		
60	Videoflex, lab. alimentos	1	2	3		
61	Esteroscopios, agropecuaria	1	1	3		
62	Máquina de torque, lab. Met y ens	1	1	3		
63	Balanza de triple brazo, lab. alimentos	1	1	2		T
64	Balanza mecánica, agropecuaria	1	1	2		
65	Baño María, lab. alimentos	1	1	2		R
66	Laminadora experimental, lab. Metalurgia	1	1	2		
67	Microscopio biológico, lab. alimentos	1	1	2	127 / 189	I
68	Microscopio medical, lab. alimentos	1	1	2	=	V
69	Microscopios, agropecuaria	1	1	2		
70	Olla de presión, lab. alimentos	1	1	2		
71	Desionizador de agua, lab. Metalurgia	1	0	0		I
72	Spectronic, lab. Metalurgia	1	0	0		
a	Pasillos, corredores	25	0	1	67,20%	A
b	Construcciones de los baños	20	0	1		
c	Construcciones de las aulas	25	0	1		
d	Construcciones de las oficinas	40	0	1		L
e	Construcciones de los laboratorios	7	0	1		
	<b>TOTAL</b>	<b>189</b>				

## Balanceo de actividades

El flujo debe garantizar el funcionamiento armónico, balanceado de la producción junto a los recursos humanos y materiales que intervienen. Se dice que un proceso está balanceado cuando todas sus actividades tengan aproximadamente la misma capacidad total. En la fase inicial se evidenció cantidades muy diferentes con respecto a la cantidad de metros cuadrados asignadas a cada Auxiliar de servicio [1]



**Figura 1** Antes del balanceo, metros cuadrados por Auxiliar de Servicio, se indica área no asignada de la FIMCP.



**Figura 2** Luego del balanceo, metros cuadrados por Auxiliar de Servicio

### Estudio de tiempos

Antes del estudio en la Facultad no existían estándares con respecto a las actividades que realizaban los Auxiliares de Servicios ni tiempos estimados en realizar las actividades de conservación de los equipos. Con el soporte estadístico, las tolerancias que establece la OIT (Organización internacional del trabajo) [4] y el respectivo balanceo de actividades se definieron los estándares, que para el caso de la FIMCP, se pudieron establecer en

modelos lineales. Un ejemplo, del resultado se plasma en la siguiente tabla para el caso de un Auxiliar de Servicio [1]

**Tabla 1.4 Actividades con sus tiempos estándares obtenidos de los modelos lineales de tiempo y balanceo**

 <b>AUXILIAR DE SERVICIO : SR. GUILLERMO LAJE</b> <b>LUNES, MIÉRCOLES Y VIERNES</b> <b>EDIFICIO 18C: ÁREA METALURGIA</b>				
<b>APLICACION DE LOS MODELOS LINEALES TS = A + B x AREA</b>				
<b>TS</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>AREA</b>	<b>NOTA</b>
<b>minutos</b>			<b>metros cuadrados</b>	
	<b>1,78</b>	<b>1,12</b>		<b>BAÑOS</b>
6,26	1,78	1,12	4,00	Baño 18B-215
6,26	1,78	1,12	4,00	Baño 18B-216
	<b>0,15</b>	<b>0,464</b>		<b>OFICINAS PEQUEÑAS</b>
4,21	0,15	0,464	8,74	Sala de archivos
4,21	0,15	0,464	8,74	Of. Comp. VLIR 6
5,16	0,15	0,464	10,80	Of. Ing. Rigail
6,16	0,15	0,464	12,96	Of. Asistentes de metalurgia
6,16	0,15	0,464	12,96	Of. Ing. Peña
6,83	0,15	0,464	14,40	Área de tesis
	<b>15,8</b>	<b>0,295</b>		<b>AULAS, LABORATORIOS</b>
30,46	15,8	0,295	49,68	Aula clases metalurgia 24C-106
22,81	15,8	0,295	23,76	Lab. Sr. Rojano 18-222
	<b>0,912</b>	<b>0,157</b>		<b>ÁREA CORREDORES</b>
3,48	0,912	0,157	16,38	pasillo aulas Comp 6
8,76	0,912	0,157	50,00	pasillo exterior Metalurgia
				<b>ÁREA LAB PISO CEMENTO</b>
18,56			57,60	Lab de Soldadura, piso cemento
	<b>0,15</b>	<b>0,464</b>		<b>OFICINAS PEQUEÑAS</b>
7,25	0,15	0,464	15,30	ASME
4,33	0,15	0,464	9,00	REFIMCP
	<b>-9,04</b>	<b>1,04</b>		<b>OFICINAS GRANDES</b>
11,76	-9,04	1,04	20,00	AEFIMCP
10,62	-9,04	1,04	18,90	AEFIMCP AUXILIAR
	<b>0,912</b>	<b>0,157</b>		<b>ÁREA CORREDORES</b>
4,29	0,912	0,157	21,51	Interno en la AEFIMCP
<b>45,00</b>			<b>360,97</b>	<b>Piso área de máquinas Termofluidos</b>
	<b>15,8</b>	<b>0,295</b>	<b>ASIGNADOS</b>	<b>BLOQUE 18C (AULAS NUEVAS)</b>
29,08	15,8	0,295	45,00	Aulas 18C-1
29,08	15,8	0,295	45,00	Aulas 18C-2
29,08	15,8	0,295	45,00	Aulas 18C-3
29,08	15,8	0,295	45,00	Aula Consulting Junior
				<b>ALMUERZO</b>
60,00				<b>ACTIVIDADES VARIAS</b>
				15 min descanso 10h00 y 15 min a las 14h00
<b>388,86</b>	<b>min</b>	<b>6,48 horas</b>	<b>899,7 m2</b>	
El tiempo estándar que se tomará, lunes, miércoles y viernes será Se les da 15 min de descanso, a las 10h00 y a las 14h00 en el contenedor, seleccione o deje el material, tome un breve descanso, etc Estos tiempos estandarizados tienen un 14% de tolerancia				<b>6,48 horas</b>

A partir de estos estándares se establecieron los planes para las actividades de conservación de construcciones y equipos de los laboratorios, así como los controles con sus responsables. Luego, se rediseñaron las actividades de descripción del puesto y se aprobó el estudio de requerimientos de materiales [1].

### 5.3. Tercera Etapa: Programación (implementación)

Se definió una etapa preliminar en donde se explica la generalidad del programa a implantar así como los diferentes procedimientos; tres fases, que comienzan con la programación preliminar, luego, la de entrega y coordinación de recursos y finalmente se detalla el procedimiento para la implementación e integración del programa anual de conservación. Integradas todas las herramientas, procedimientos, planes, intervalos de conservación y la respectiva programación se obtiene el Programa Anual de Conservación Integrado.

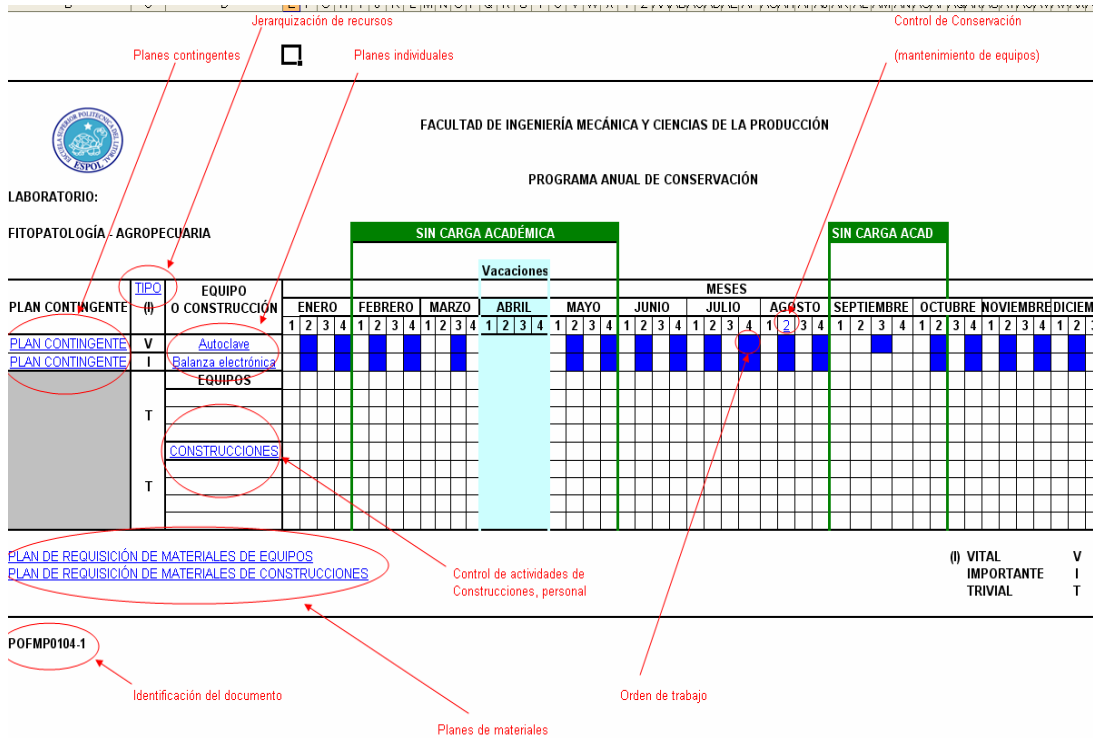


Figura 3 Interfaz del programa anual de conservación integrado

#### 5.4. Costos de aplicación de la Conservación

Primero se calcularon los ahorros (beneficios), es decir los valores que la Facultad disminuiría en su déficit en la educación académica de sus alumnos, que de acuerdo con cada criterio es: de \$46.68 por alumno por año para el pesimista, \$67.92 para el moderado y de \$109.56 para el optimista. Esto se lograría con la implementación del programa y de acuerdo con la cantidad de alumnos que ingresen como consecuencia de ello. La inversión necesaria para la implementación es de \$ 14,051.12. Y finalmente, utilizando indicadores como el VAN y la TIR, se realizó la evaluación económica de las mejoras dando como resultado para el VAN, de acuerdo con cada criterio: pesimista \$25,046.73; moderado \$3,195.34; y optimista de \$ 384,14 y TIR= 186%, 27% y 5% respectivamente, para un periodo de recuperación de 1 a 3 años, respectivamente [1].

#### 5.5. Resultados



Los resultados son: obtención del índice ICGM, inventario jerarquizado de los recursos y planos actuales de la FIMCP, eliminación de las actividades que no agregan valor, entrega a tiempo de los recursos necesarios para los planes de conservación, definición y comunicación de funciones y responsabilidades del personal, estudio de tiempos, balanceo y análisis de las actividades de los procesos de conservación, reducción de costos. El mayor logro fue el costo mínimo total alcanzado por la Optimización de los intervalos de Conservación, Integración del Programa anual de conservación propuesto.

## 6. CONCLUSIONES

1. Que la implementación del programa anual integrado de conservación, sustentado con la metodología de la planeación y control de la conservación así como las herramientas de la ingeniería industrial permite reducir costos y actividades que no agregan valor; clasificar y ordenar procesos; optimizar los intervalos de manutención; controlar y buscar la integración de los procesos de preservación y mantenimiento preventivo de construcciones y equipos de los laboratorios, en un ambiente de mejora continua.
2. Se pudo conocer la situación actual de los equipos de los laboratorios y construcciones de la Facultad con los datos proporcionados por el levantamiento de la información a través de formularios y encuestas, además de la identificación de los problemas con la ayuda del análisis causa –efecto.
3. Se obtuvo el índice ICGM simplificado con el criterio del código máquina y criterio de código de trabajo, para indicar el orden en que se deben realizar los trabajos de conservación para optimizar el presupuesto de conservación de los recursos.
4. Se jerarquizaron los equipos de los laboratorios y construcciones de la Facultad, por medio, del código máquina y la utilización del análisis de Pareto con el objeto de obtener los niveles de los recursos a conservar y con ello aplicar la política que permita la mejor gestión y control de dichos recursos, de acuerdo con la metodología de la planeación y control de la conservación.
5. La aplicación de las herramientas de la ingeniería industrial permitió establecer estándares de tiempos para las actividades del proceso de preservación de construcciones, así como el balanceo de dichas actividades para la gestión eficaz y eficiente de los recursos; se rediseñaron las especificaciones del puesto de los Auxiliares de acuerdo con la situación actual; se estandarizaron actividades.
6. En el análisis costo beneficio se indica la reducción del costo (déficit) para cada criterio (pesimista, moderado y optimista) para la Facultad.

7. En el análisis financiero, para una  $TMAR\%=4$ , se obtuvo, para cada criterio (pesimista, moderado y optimista), un VAN mayor a cero y la TIR% con valores superiores e las tasas del mercado nacional.

## Recomendaciones

1. Proponer como una nueva filosofía en la FIMCP el mejoramiento continuo, para que las metas por alcanzar no queden en un simple papel o para aprobar auditorias de seguimiento. Empezar desde la alta gerencia (Decano) hasta el personal de línea (Auxiliar de Servicio) en un ambiente de confianza.
2. Capacitar al personal en los cursos originados de las propuestas de conservación.
3. Realizar reuniones periódicas, las cuales, pueden ser sugeridas por el Decano y/o cuando se desee realizar mejoras al Sistema de Gestión de Calidad en concordancia con la filosofía de la Conservación y recibir una retroalimentación que sirva para obtener mayor eficiencia en la aplicación y con ello satisfacción a los clientes.
4. Aprovechar las técnicas de la metodología de la Planificación y Control de la Conservación que se pueden aplicar fácilmente, como por ejemplo: el índice ICGM, el cual, permite racionalizar el presupuesto de manutención de la ESPOL.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. X. Desiderio, Diseño e implementación del programa anual de conservación integrado para la gestión de los recursos de la FIMCP, con enfoque en la mejora continua, Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2006.
2. Dounce Villanueva Enrique. La Productividad en el Mantenimiento Industrial. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. Segunda reimpresión México, 2000.
3. Spiegel Murray R. Estadística. Segunda Edición. McGraw-Hill. USA, 1991
4. Maynard Hodson William. Manual del ingeniero industrial. Cuarta edición. McGraw-Hill. USA, 2000.

---

Xavier Desiderio Calderón

Estudiante

---

Kleber Barcia Villacreses

Director de Tesis