

# MODELO DE APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS ACADÉMICO-ADMINISTRATIVOS

## APPLICATIONAL MODEL OF INDUSTRIAL ENGINEERING TECHNIQUES IN ACADEMICAL-ADMINISTRATIVE PROCESSES

**Alfredo Arroyo Rodríguez**

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México

*alfredoarroyo77@hotmail.com*

**José Antonio Vázquez López**

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México

*antonio.vazquez@itcelaya.edu.mx*

**Moisés Tapia Esquivias**

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México

*moises.tapia@itcelaya.edu.mx*

**Recepción:** 26/noviembre/2019

**Aceptación:** 29/mayo/2020

### Resumen

Las tareas de un ingeniero industrial tradicionalmente están vinculadas a actividades de procesos industriales: controlar, mejorar, aprovechar, incrementar ó reducir, entre muchas otras. Sin embargo, existe poca evidencia de su uso y sus resultados en procesos administrativos, aun menor en los procesos académico-administrativos de instituciones de educación superior. En este artículo se muestra un modelo de aplicación de algunas herramientas de Ingeniería Industrial, aplicadas en una institución de educación superior. Los resultados obtenidos han apoyado en la toma de decisiones de la Subdirección Académica y los Departamentos involucrados en la institución.

**Palabras clave:** instituciones de educación superior, procesos académico-administrativos, técnicas de ingeniería industrial.

### Abstract

*The duties of an industrial engineer are closely linked to activities traditionally carried out in the industrial environment: control, improve, resources' seizing,*

*increase or reduce, among many others. However, there isn't much evidence of its use and results in the administrative environment, and there's even less in the academic-administrative processes of higher education institutions. This article shows an applicational model of some industrial engineering techniques applied in a higher education institution. The results obtained have given support to the decisions making processes of the Academic Sub- directorate and the Departments involved in the institution.*

**Keywords:** *academical-administrative processes, industrial engineering techniques, higher education institutions.*

## **1. Introducción**

La Ingeniería Industrial, como disciplina de la ingeniería, nos brinda una gran cantidad de técnicas y herramientas. A través de ellas podemos, como ejemplos, controlar un proceso, saber qué variables están afectando de una manera significativa en una característica de calidad, o podemos obtener la información necesaria para tomar una decisión.

En un proceso de toma de decisiones, si hay algo que no debe de existir es la subjetividad. Eliminar las percepciones y los juicios personales es algo que se debe hacer teniendo la información correcta, aquella que pueda ser verificable y aceptable no por una persona sino por todas las que integren los equipos de trabajo. Un ingeniero industrial debe ser un investigador, debe llegar a la causa raíz de las cosas. Abordar el espacio-tiempo del contexto de la investigación es crucial para poder estudiar las condiciones en que el problema es analizado para proponer soluciones que tengan sustento y respuesta dentro del mismo marco referencial.

Sin embargo, más allá de las investigaciones que se lleven a cabo, hay algo sumamente importante a realizar en un siguiente paso: la interpretación de lo que ha sido recabado [Paz-Sandín, 2000]. Los datos o la información obtenidos tienen que estar en completa alineación con los objetivos de la investigación para que los resultados sean siempre los esperados.

La toma de decisiones debe estar basada en esa interpretación, y en esa alineación con los objetivos que se han planteado en la investigación. Con la objetividad en el

análisis de la información que genere este proceso, es que el ingeniero industrial puede brindar soluciones o cursos de acción.

Es entonces que podemos considerar que las actividades de un ingeniero industrial no deben ser encuadradas siempre en el marco del ámbito industrial por el simple prejuicio que se lleva en el nombre. Su labor puede realizarse ya sea en cualquier ambiente, sea precisamente el industrial, el social o el educativo.

Precisamente es en el ámbito educativo, más concretamente en los procesos académico-administrativos en una institución de educación superior, donde el uso de algunas técnicas de ingeniería industrial se llevará a cabo. Con esto, se pretende probar su uso en la manera que apoya en la toma de decisiones a la Subdirección Académica de la institución.

La aplicación de las técnicas de ingeniería industrial se llevó a cabo en el Tecnológico Nacional de México Campus Celaya, en Celaya, México. El área específica fue la División de Estudios Profesionales (DEP) que forma parte de los departamentos que integran la Subdirección Académica del Instituto.

El tema central para analizar fue la revisión de capacidad tanto de uso de salones como de la matrícula.

## **2. Métodos**

Para poder desarrollar el presente tema y, principalmente, poder replicarlo, se consideró el uso de la metodología DMAIC, acrónimo que hace referencia a sus fases: Definir, Medir, Analizar, Incrementar o mejorar y Controlar. Se considera la base para llevar a cabo proyectos de Six Sigma de una forma estandarizada, por lo cual se convierte en una herramienta totalmente adecuada a lo que estamos buscando en el presente trabajo.

### **Definir**

En las organizaciones, las áreas tienen necesidades que requieren ser atendidas y solucionadas. En esta etapa, de acuerdo con sus requerimientos a corto, mediano y largo plazo se realiza una planeación estratégica para poder solucionar dichas necesidades.

El equipo de trabajo, que es necesario integrar en esta etapa, es quien recibe los requerimientos específicos que deben ser evaluados, con el fin de delimitar tanto los alcances de lo que requiera solución además de las responsabilidades.

### **Medir**

En esta fase se comienza un análisis de la situación presente. Son evaluados los impactos actuales, las causas que los provocan y la serie de variables internas y externas a la organización que influyen en lo que está sucediendo.

En este proceso se debe validar el sistema de medición de las variables que están involucradas, para poder establecer la llamada *línea base*. Esta línea nos proporciona el estado actual del proceso, en donde se puede identificar -si así fuera el caso- la inestabilidad o incapacidad del proceso. Escenarios futuros también son visualizados dentro del análisis, ya que hay situaciones ideales que demandan gran cantidad de recursos y situaciones que resuelven los problemas actuales, pero con una mezcla de recursos actuales y lo que pueda ser necesario en el desarrollo del proyecto. La planeación de riesgos es analizada también en esta etapa. Dado lo anterior, la integración de recursos es entonces uno de los entregables en esta fase. Adquisiciones, permisos ante entidades gubernamentales, importaciones de materiales y equipos, son ejemplos en esta etapa.

### **Analizar**

Las dos primeras etapas nos brindan la visualización situacional de los problemas, de tal manera que tenemos ahora el curso de acción a tomar.

En esta etapa es posible saber la herramienta de ingeniería industrial que mejor se integre a la solución que el alcance requerido para la solución de los problemas. Las características de calidad de las variables críticas son descritas, partiendo de las necesidades iniciales de los usuarios.

Los indicadores de desempeño son establecidos en esta etapa. Algunas herramientas para poder establecerlos son, por ejemplo, las 5W y 2 H. Saber qué, quién, cómo, cuándo, dónde, cuánto tiempo y cuánto dinero nos ayuda a tener un panorama completo del proyecto.

Una segunda herramienta, también como ejemplo, para establecer los objetivos de desempeño es el método SMART. Se basa en que los proyectos deben ser específicos (S) en su definición, medibles (M) con el uso de recursos, alcanzable o factible (A) en su ejecución, relevante (R) para el negocio y con un tiempo (T) de ejecución determinado.

Es importante conocer perfectamente las herramientas necesarias, ya que un uso incorrecto puede desviar los resultados deseados del objetivo final del proyecto. Se sugiere comenzar con pruebas controladas para conocer su efectividad y posteriormente realizar una expansión del alcance en el uso de las herramientas.

### **Mejorar**

Las etapas anteriores y sus entregables realizan una sinergia en este punto ya que se convierte en la etapa de ejecución.

Todo lo planeado, recursos utilizados, riesgos que podrían impactar la continuación del proyecto comienzan a analizarse de forma continua y disciplinadamente. La comunicación entre los integrantes del proyecto se vuelve clave para continuar las actividades.

Es posible que se desprendan actividades adicionales para resolver en esta etapa, algunos muy importantes para continuar el proyecto y otros que pueden dejarse para una evaluación posterior a detalle. El manejo de recursos es vital para darle factibilidad a estos subproyectos o bien, evaluar afectaciones al proyecto final.

### **Control**

En esta etapa se diseña un sistema que mantenga en el tiempo –a largo plazo– las mejoras logradas y se cierra el proyecto. Las acciones de control deben sustentarse en los siguientes tres niveles: proceso, documentación y monitoreo.

En cuanto al proceso, todos los involucrados deben de contar con los estándares de trabajo que permitan que las buenas prácticas se repitan una y otra vez. No deben existir “hoyos negros” que permitan interrogantes en la toma de decisiones en piso. Esto se logra con la implementación de planes de control, fábrica visual y seguimiento continuo en piso.

Las buenas prácticas de documentación deben llevarse a cabo para mantener en orden y con los controles de cambios actualizados a todo aquello que es un respaldo para el proceso y su monitoreo.

Debe estar sustentado dentro del sistema de gestión para que sea igualmente un proceso estandarizado que involucre auditoría y mejora continua.

El monitoreo está intrínsecamente involucrado con los procesos y su documentación. Al igual que a nivel piso, debe de darse seguimiento continuo a nivel supervisión, jefatura, y ejecutivo. No es necesario llevar a cabo juntas recurrentes, sino debe establecerse un sistema que permita que todos estén enterados en el momento requerido de la información necesaria para la toma de decisiones.

Al acercarse a fases de culminación del proyecto, la evaluación de los usuarios es muy importante. Los requerimientos iniciales deben ser satisfechos para que exista una aceptación de los resultados y una liberación del proyecto. Se realiza una revisión de los objetivos de desempeño para conocer el grado de cumplimiento tuvo el equipo de integrantes del proyecto.

## **Conclusiones**

Los resultados del proyecto concluido nos brindarán las siguientes acciones a llevar a cabo. Nuevos proyectos pueden nacer de acuerdo con lo que nos arroje la nueva situación actual, o bien se retoman lo que quedaron como subproyectos generados durante la ejecución del que recién concluyó.

Mantener y mejorar los resultados de los proyectos ejecutados son ahora los siguientes pasos. Los indicadores del proyecto muestran la nueva situación actual que debe tener los controles adecuados para que las mejoras perduren a través del tiempo en espera de un nuevo proceso de mejora.

Todos los proyectos dejan conocimiento después de su ejecución. Es responsabilidad del líder del proyecto dejar evidencia de ello para una futura necesidad o consulta. Por ejemplo, dentro de la metodología TPM, el pilar de Administración Temprana se encarga de recabar ese conocimiento que dejaron los proyectos. Es la base para que al realizar en un futuro proyectos similares se mejore

lo que tuvo áreas de oportunidad o que las buenas prácticas ejecutadas se mantengan.

### **3. Resultados**

#### **Análisis de capacidad de uso de salones**

Para este análisis, se comienza con el reporte de la DEP de que existe la necesidad de salones adicionales a los existentes para satisfacer la demanda de la matrícula, durante el semestre de agosto-diciembre de 2018. Se llega incluso a la necesidad de solicitar salones del centro de idiomas para poder cubrir con la demanda.

Por otro lado, ante el reporte de la DEP, existía la impresión en algunas jefaturas de que los salones no estaban siendo usados adecuadamente. Se argumentaba que, durante ciertos horarios, cuando daban recorridos por las instalaciones del Instituto se encontraban con espacios disponibles.

Como se puede apreciar, el punto de partida es subjetivo. Son diferentes percepciones y argumentos a un tema común. Pero, no existe el soporte ni los parámetros adecuados que permitan la unificación de criterios para poder apreciar y evaluar la realidad.

Conocer el estatus actual y poder establecer esos criterios de evaluación es crucial para poder prevenir riesgos en el corto, mediano y largo plazo. Es necesario saber si existe realmente un problema potencial en la administración y la disponibilidad de los salones. Por lo tanto, se plantea la siguiente hipótesis: ¿Se utilizan adecuadamente los salones?

Para poder analizar la situación, se utilizaron un par de técnicas de ingeniería industrial, las cuales son la teoría del muestreo del trabajo y el análisis a través de los metadatos. Los objetivos fueron los siguientes: 1) Prevenir riesgos a futuro en cuanto a capacidad de salones necesaria para dar servicio a la matrícula de estudiantes. 2) Detonar las acciones necesarias, para poder llevar a cabo mejoras en el proceso de asignación de salones para la matrícula. 3) Llevar a cabo un proceso de auditoría a la información que se tiene actualmente, como levantamiento de instalaciones y uso de salones.

## Teoría del muestro de trabajo

Para esta actividad, debido a la rapidez con que se requería la información, se usó la técnica del muestreo de trabajo. Es un método que permite analizar la utilización de maquinaria y mano de obra mediante un número grande de observaciones tomadas en momentos aleatorios, usada para determinar la utilización de recursos [Niebel, 2010]. La técnica de muestreo del trabajo requiere de la recolección de datos en intervalos de tiempo. Por ejemplo, se requiere saber qué es exactamente lo que un trabajador está haciendo cuatro veces en una hora. Los datos son recolectados por medio de la observación del trabajador en la cantidad de veces necesarias en el periodo de tiempo seleccionado [Finkler, Knickman, Hendrickson, Lipkin Jr., & Thompson, 1993].

Durante 9 días, se realizaron recorridos aleatorios por ambos campus del Instituto. Se revisaron los listados de los salones asignados para este semestre, verificando que el salón estuviera ocupado en horarios en que debía estarse usando y que estuviera vacío cuando el listado también lo indicara. Cada vez que se encontró una situación que no coincidiera se consideró una incidencia. En la tabla 1 se muestra el número de salones muestreado y las incidencias encontradas.

Tabla 1 Muestreos realizados y porcentaje de incidencia encontrado.

	Martes 09-oct	Miércoles 10-oct	Jueves 11-oct	Viernes 12-oct	Lunes 15-oct	Martes 16-oct	Miércoles 17-oct	Jueves 18-oct	Viernes 19-oct	TOTAL
Campus I	25	23	37	40	40	40	40	40	25	310
Campus II	0	15	23	30	25	30	25	20	28	196
Muestreos	25	38	60	70	65	70	65	60	53	506
Incidencias	0	2	3	7	6	10	9	7	4	48
Porcentaje de incidencias										9%

Fuente: Elaboración propia a partir del muestreo de salones.

El porcentaje de incidencias es del 9%, es decir, hay un 9% de probabilidad de encontrar variación de información entre los listados de asignación de salones contra la realidad (se está o no usando). Aunque el número pueda parecer bajo, demuestra que hubo hallazgos entre los salones que deberían estar desocupados o en uso, contra lo que marca el sistema. Los listados revisados fueron generados al inicio del semestre y no habían sufrido. Después de revisar este indicador con el

equipo, se consideró continuar con los siguientes análisis, ya que se consideró un número bajo para la cantidad de salones disponibles.

### **Revisión y actualización al levantamiento de salones actual**

Al concluir el muestreo de uso de salones se continuó con la revisión física de éstos, como en una auditoría. La matriz de características para salones (que contiene el equipamiento básico de los mismos) fue la base con la cual se estuvieron revisando cada uno de ellos, en ambos campus. Como resultado, sólo la modificación de los salones en el edificio de ingeniería industrial, y los nuevos salones en el edificio F (figura 1), fueron los cambios que requerían ser actualizados.



Figura 1 Nuevos salones en el Edificio F, Campus II.

### **Cálculo de la capacidad de uso de salones**

Para realizar el siguiente análisis, se trabaja con *Metadatos*. Estos se pueden considerar como la explicación de un objeto potencialmente informativo, que parte de los datos mismos [Pomerantz, 2015]. Es decir, la información que se genera a partir de la integración e interrelación de varias fuentes de datos, o bien son los datos dentro de los datos.

Con los mismos listados generados por sistema para la asignación de salones y, por medio del uso de tablas dinámicas en Excel, se realizó un análisis para encontrar el comportamiento de uso del total de salones y, en particular, el porcentaje de uso en 3 franjas de horario, de 7 a 15 horas, de 15 a 19 y de 19 a 21 horas en ambos campus. Los resultados se encuentran en la tabla 2.

Horario	Campus I	Campus II
07-15	79%	85%
15-19	71%	75%
19-21	15%	42%

Fuente: Elaboración propia a partir del comportamiento de uso de los salones.

Tabla 2 Porcentaje semanal de uso de salones por franjas de horario.

De acuerdo con la información, la franja de horario de las 07 a las 15 horas es la que se encuentra en un 79% de uso en Campus I y en 85% de uso en Campus II. Es el horario donde los grupos tipo A y C (los de mayor cantidad de alumnos) para la matrícula de las carreras son asignados. Los grupos tipo B (menor cantidad de alumnos) son programados después de las 15 horas, aunque sólo en el campus I se tiene una baja ocupación de salones al estar debajo del 30% en la franja de las 19 a 21 horas. De forma general, la figura 2 muestra el total de horas de uso de salones por día y por hora. Nuevamente repite comportamiento alto el uso de salones de 7 a 15 horas, excepto los lunes, miércoles y viernes. Además de que la tendencia a medida que transcurre las horas del día es a decrementar el uso de salones.

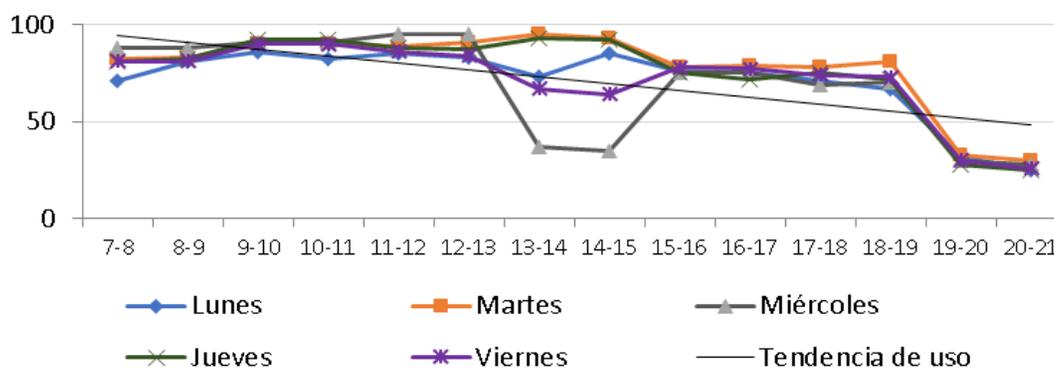


Figura 2 Horas de uso de salones por día y por hora, Campus I y II.

### Cálculo de capacidad de la matrícula

Con la información de las horas requeridas totales para las materias de las carreras en sus respectivos semestres, se realizó el análisis para saber el porcentaje asignación de carga académica por horario. Los datos se muestran en la tabla 3.

Tabla 3 Porcentaje de asignación de carga académica por grupos. .

Horario	Grupos		
	A	B	C
7-8	83%	1%	40%
8-9	85%	1%	41%
9-10	96%	1%	47%
10-11	95%	2%	47%
11-12	94%	9%	49%
12-13	92%	12%	47%
13-14	32%	62%	25%
14-15	32%	64%	25%
15-16	8%	91%	5%
16-17	8%	90%	4%
17-18	5%	83%	0%
18-19	5%	81%	0%
19-20	0%	29%	0%
20-21	0%	25%	0%

Fuente: Elaboración propia con base en el análisis de porcentaje de asignación.

De acuerdo con los datos, para el grupo A de 7 a 13 horas se tiene una asignación de matrícula de arriba de 80%, llegando hasta el 96% de 9 a 10 horas.

Para el grupo B, se tiene una asignación de matrícula también arriba del 80% de las 15 a las 19 horas. Este indicador puede dar la línea base para que, en proyectos futuros para reducir el número de grupos, se pueda ver el decremento en la asignación de matrícula.

### Indicador de movilidad entre campus I y II

Dada la inquietud de uno de los integrantes del equipo, durante una sesión de trabajo, se analizó la movilidad de alumnos entre campus I y II, para conocer cuántas veces tenían que estar cambiando de campus para tomar sus materias. El comentario surgió pues existía la percepción de que los alumnos ponían como pretexto el llegar tarde a clases por tener que estar trasladándose de un campus a otro. Para poder llevar a cabo el análisis para el indicador, se tomaron en cuenta solamente las carreras que se imparten en Campus II y se revisó la carga académica por semestre.

Los datos arrojaron que solamente alumnos de Ingeniería Industrial del primer semestre grupo B, en lunes, tienen que moverse en dos ocasiones de campus, ya que Taller de Dibujo Industrial es en Campus II, se mueven a dos clases al Campus I y regresan a taller de Química más tarde, tabla 4.

Tabla 4 Movimientos entre Campus I y II para alumnos de Ingeniería Industrial.

Semestre	Lunes			Martes			Miércoles			Jueves			Viernes			Máximo de movimientos		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	1	2	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	2	1
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1
4	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia con base en el análisis de porcentaje de asignación.

## 4. Discusión

La información obtenida de los diversos análisis realizados dio como resultado una serie de acciones que se estarán llevando a cabo en el corto plazo. Estas serán mencionadas en el punto cinco de este artículo.

## 5. Conclusiones

Uno de los principales objetivos de la realización del análisis era saber si la cantidad de salones actuales representaba un riesgo para semestres posteriores. Al encontrar en los datos obtenidos que hay franjas muy definidas de horarios de uso, de acuerdo con la cantidad de salones requeridos para la programación de clases, no se observó un comportamiento anormal o que pudiera ser considerado un riesgo actual o a futuro. Esto, ante una posible necesidad de crecer la capacidad instalada de salones ante la demanda por la matrícula actual y futura.

Con lo anterior, se elimina la subjetividad de creer que hay salones disponibles cuando había quien percibía que estaban haciendo falta. Es correcto, hay salones disponibles en ciertas horas del día pues la demanda disminuye, mientras hay otros horarios donde no se aprecian salones disponibles pues son horarios con una alta demanda por las clases de las diversas especialidades. Fue entonces, que el equipo decidió establecer acciones que ayuden a mejorar la administración y la disponibilidad de salones. Las acciones serán evaluadas desde su planeación y se verificará su ejecución y resultados a partir del siguiente semestre posterior al análisis. Entre las actividades se pueden mencionar las siguientes:

- Enviar a grupo de propedéutico de licenciatura a horario vespertino, para incrementar el número de salones disponibles en franjas de horario matutinas.

- Llegar a un acuerdo para usar oficialmente el edificio de idiomas para clases de licenciatura.
- Llevar grupos compartidos entre especialidades en tronco común, desde el inicio de semestre, para eliminar número total de grupos de las mismas materias.
- Actualización de salones vigentes en sistema, ya que había salones recientemente construidos y equipados que aun no estaban dados de alta para disponibilidad.
- Asegurar que los jefes de docencia vean grupos compartidos y analicen grupos de baja demanda, igualmente para disminuir la cantidad de grupos totales.
- Evaluar el próximo proyecto, para optimización de horarios.

La principal conclusión de este artículo es la siguiente: Siempre hay que hablar con datos. Los procesos de decisión no pueden estar basados en percepciones, sino en información concluyente que pueda brindar el sustento adecuado. Esta información debe permitir el consenso grupal en la decisión, eliminando la subjetividad en los juicios personales.

## **6. Bibliografía y Referencias**

- [1] Finkler, S. A., Knickman, J. R., Hendrickson, G., Lipkin Jr., M., & Thompson, W. G. A comparison of work-sampling and time-and-motion techniques for studies in health services research. *Health Services Research*, 28(5), 577. 1993.
- [2] Niebel, F. *Ingeniería Industrial, métodos estándares y diseño del trabajo*. Alfaomega. 2010.
- [3] Paz-Sandín, E. M. Criterios de validez en la investigación cualitativa: de la objetividad a la solidaridad. *Revista de investigación educativa*, 18(1), 223-242. 2000.
- [4] Pomerantz, J. *Metadata*. Cambridge, Massachusetts, USA: The MIT Press. 2015.