



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Proyecto de Fin de Carrera
Proyecto *Capstone*
Desarrollo, Evaluación y Mejora

Dr. Ing. Antonio Morán Cárdenas

Plan de Estudios

PLAN DE ESTUDIOS 2011-1 DE LA ESPECIALIDAD DE FÍSICA

PRIMER CICLO

Código	Curso	T	P	L	S	E	TH	C	Pre-requisito
CC101	Introducción a la Ciencia de la Computación	2	-	-	-	-	02	2	Ninguno
CF121	Física I	4	(3)	(3)	-	-	07	5	Ninguno
CM131	Cálculo Diferencial	4	2	-	-	-	06	5	Ninguno
CM141	Cálculo Vectorial I	4	2	-	-	-	06	5	Ninguno
CQ111	Química I	4	(3)	(3)	-	-	07	5	Ninguno
Total :							28	22	

SEGUNDO CICLO

Código	Curso	T	P	L	S	E	TH	C	Pre-requisito
CC102	Introducción a la Programación	1	-	2	1	-	04	2	CC101
CF122	Física II	4	(3)	(3)	-	-	07	5	CF121
CM132	Cálculo Integral	4	2	-	-	-	06	5	CM131
CM142	Cálculo Vectorial II	4	2	-	-	-	06	5	CM141
CQ112	Química II	4	(3)	(3)	-	-	07	5	CQ111
Total :							29	22	

TERCER CICLO

Código	Curso	T	P	L	S	E	TH	C	Pre-requisito
CF221	Física III	4	(3)	(3)	-	-	07	5	CF122, CM132, CM142
CF251	Álgebra Lineal	4	3	-	-	-	07	5	CM142
CL002	Inglés I	1	-	3	-	-	04	2	Ninguno
CM211	Cálculo Diferencial e Integral Avanzado	6	3	-	-	-	09	7	CM132, CM142
Total :							27	19	

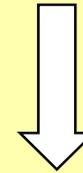
CUARTO CICLO

Código	Curso	T	P	L	S	E	TH	C	Pre-requisito
CF222	Física IV	4	(3)	(3)	-	-	07	5	CF221, CM211
CF252	Métodos Matemáticos para Físicos I	6	4	-	-	-	10	8	CF221, CF251, CM211
CM214	Análisis Real	6	3	-	-	-	09	7	CM211
Total :							26	20	

QUINTO CICLO

Código	Curso	T	P	L	S	E	TH	C	Pre-requisito
CF371	Mecánica Teórica I	6	4	-	-	-	10	8	CF252
CF381	Introducción a la Física Moderna	4	3	-	-	-	07	5	CF222, CF252
CF391	Métodos Matemáticos para Físicos II	6	4	-	-	-	10	8	CF222, CF252, CM214, CC102
Total :							27	21	

Diez semestres de cursos, laboratorios, trabajos, prácticas



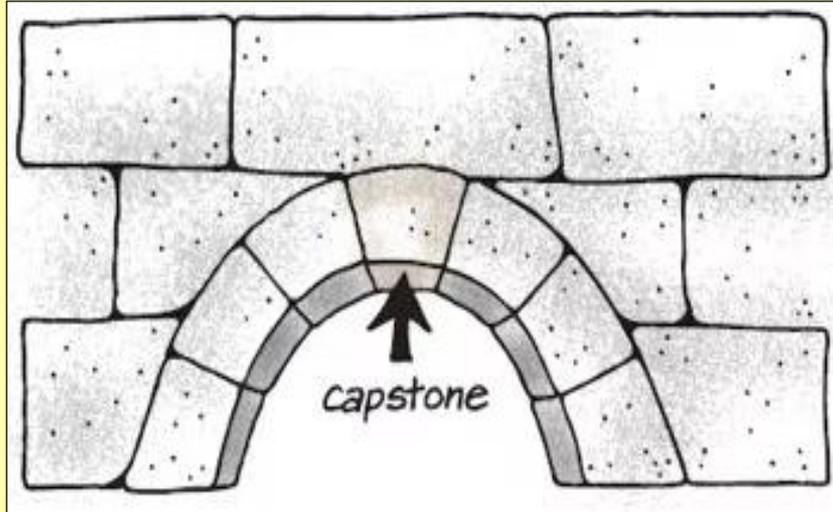
Al final:
Demostrar la capacidad para resolver un problema real de la profesión

Proyecto de Fin de Carrera

Los estudiantes integran los conocimientos y habilidades adquiridos a lo largo del plan de estudios para solucionar un problema real y complejo de la profesión.

Tesis profesional que se desarrolla dentro del plan de estudios donde el estudiante demuestra que está preparado para la práctica profesional.

Capstone Project



Capstone

Cabeza

Piedra

Proyecto Capstone

Solución completa y óptima a un problema real de la especialidad considerando restricciones y limitaciones reales

Los estudiantes demuestran el logro de todos (o la mayoría) de los Resultados del Estudiante

El proyecto es revisado con detalle por parte de los evaluadores para verificar el cumplimiento de los criterios de acreditación

Proyecto Capstone

**Proyecto de
Aplicación**

**Se resuelve una
necesidad o
problema través
del diseño**

**Aplica
conocimiento**

**Proyecto de
Investigación**

**Se prueba una
hipótesis usando
el método
científico**

**Genera
conocimiento**

Proyecto Capstone

Proyecto de Aplicación

Diseñar:

Edificio multifamiliar

Planta de reciclaje

Robot industrial

**Proceso de refinación
de petróleo**

**Proceso de secado de
maíz**

**Sistema de diagnóstico
automático**

Proyecto de Investigación

**Análisis de estabilidad
de un puente**

**Mejora en la resistencia
del concreto**

**Existencia de agua en
Marte**

**Demostración de un
teorema matemático**

**Determinar el tiempo de
vida de un elemento**

Proyecto Capstone

Los proyectos capstone se orientan principalmente al diseño o creación de un producto, sistema, proceso o procedimiento que satisface requerimientos y necesidades, y cumple restricciones y limitaciones dadas.

En el proyecto capstone se resuelven **problemas complejos** de la profesión.

Problema Complejo

Incluyen una o mas de las siguientes características:

- **Involucran asuntos técnicos conflictivos o abarcan un amplio rango de temas.**
- **No tienen solución obvia o que no se puede predecir.**
- **Incluyen varias partes, componentes o sub-problemas.**
- **Involucran a grupos de interés diversos (stakeholders).**
- **Tienen consecuencias significativas en diferentes contextos.**
- **Involucran varias disciplinas.**

Problema Complejo

Incluyen una o mas de las siguientes características:

- **Abordan problemas no considerados por estándares y códigos actuales.**
- **Generalmente son de solución abierta, no tienen solución única. Problema *open-ended*.**
- **Son de naturaleza iterativa.**



Docente de Asignatura Capstone

- **Experiencia en el ejercicio de la profesión.**
- **Experiencia en el desarrollo de proyectos de la especialidad.**
- **Actualizado en los avances de la profesión.**
- **Conocedor de los problemas que enfrenta la industria o el avance de la profesión.**
- **Colegiado.**
- **Miembro de sociedades profesionales.**
- **Dedica tiempo a asesorar y evaluar el proyecto.**

Grupos de Trabajo del Proyecto

- **El proyecto se trabaja, de preferencia, de manera grupal, no más de cuatro alumnos.**
- **El tamaño del grupo lo aprueba el docente según el alcance del proyecto.**
- **Proyectos individuales también son posibles.**

Definición del Tema del Proyecto

El tema del proyecto se puede fijar como:

- **El docente propone los temas**
 - **El mismo tema para todos los grupos**
 - **Tema diferente para cada grupo**
 - **Cada grupo realiza una parte de un proyecto mayor que al final se integra**
- **Los estudiantes proponen los temas con aprobación del docente**
 - **Prácticas pre-profesionales, trabajo**

Definición del Tema del Proyecto

- **Se puede completar en un semestre**
- **Se dispone de datos e información básica**
- **Referencia: buscar temas de tesis pasados en Cybertesis UNI**
- **El título debe ser descriptivo del proyecto:**

**“Sistema de Reconocimiento Facial
Usando Redes Neuronales Dinámicas
con Aprendizaje Autónomo”
SIREFA**

Actividades del Proyecto *Capstone*

Involucra:

- **Identificación de oportunidades / necesidades**
- **Desarrollo de requerimientos / especificaciones**
- **Análisis del problema y estado del arte**
- **Propuesta de soluciones y selección justificada de la mejor solución**
- **Desarrollo de la solución usando métodos apropiados**
- **Evaluación de la solución frente a requerimientos**
- **Ajuste de requerimientos si es necesario**

Actividades del Proyecto *Capstone*

Involucra:

- **Descripción de la solución usando simbología y terminología apropiada / especializada.**
- **Cuantificación y costeo de los recursos necesarios para implementar la solución.**
- **Formulación de cronogramas de desarrollo del proyecto o implementación de la solución.**
- **Elaboración de un informe final detallado resaltando las consideraciones y análisis de resultados, ecuaciones, gráficos, diagramas, planos, etc.**

Proyecto en el Semestre Completo

- **El proyecto capstone debe trabajarse en el semestre académico completo.**
- **El docente debe supervisar y calificar el desarrollo del proyecto a lo largo de todo el semestre.**
- **El estudiante debe presentar sus avances periódicamente. Por lo menos una vez a mitad del semestre.**

Cronograma de Desarrollo del Proyecto

- **Determinación del tema a desarrollar** — **Sem 1-2**
- **Formación de grupos de trabajo** — **Sem 2-3**
- **Definición de los objetivos y alcance** — **Sem 3-4**
- **Primera revisión** — **Sem 5**
- **Segunda revisión – Exámenes parciales** — **Sem 8**
- **Tercera revisión** — **Sem 12**
- **Entrega de informe final – Fin de ciclo** — **Sem 14-16**
- **Sustentación final** — **Sem 14-16**

Proyecto Capstone - ABET

Se aplican las ciencias básicas, las matemáticas y los ciencias aplicadas de la especialidad para convertir recursos en soluciones.

Se requiere:

- **Aplicación de normas y recomendaciones técnicas, estándares, regulaciones, legislaciones.**
- **Consideración de restricciones realistas y fundamentadas.**

Proyecto Capstone - ABET

Normas, Estándares, Regulaciones ...

- **Ingeniería Industrial - Normas IISE, ASQ, ISO, ANSI, PMI, OHSAS,**
- **Ingeniería Industrial – IEEE, IISE, INCOSE, ACM,
Norma ASME B30:**
- **Leyes, regulaciones, normativas, directivas ministeriales o de entidades reconocidas: MINAM, INDECOPI, INACAL,**

Proyecto Capstone - ABET

Restricciones Realistas

Costo

Extensión

Cronogramas

Estética

Ergonomía

Accesibilidad

Interoperatividad

Manufacturabilidad

Funcionabilidad

Mantenibilidad

Sostenibilidad

Comercialización

Aspectos legales, sociales, políticos, ambientales, ...

Informe Final del Proyecto

- **Todo proyecto capstone debe culminar con un informe final completo.**
- **El informe es revisado con detalle por los acreditadores para verificar el logro de los Resultados del Estudiante.**
- **Informe de por lo menos 80 páginas (referencial) describiendo con detalle el desarrollo del proyecto, así como el producto final.**

Contenido del Informe Final (Refer.)

Resumen en inglés	1 página
Introducción	4 – 8 páginas
Fundamentos Teóricos	10 – 20 páginas
Materiales, Métodos, Procedimientos	15 – 25 páginas
Presentación y análisis de resultados	20 – 30 páginas
Conclusiones	3 – 6 páginas
Bibliografía	2 – 3 páginas
Anexos	Cronograma, presupuesto, normas ...

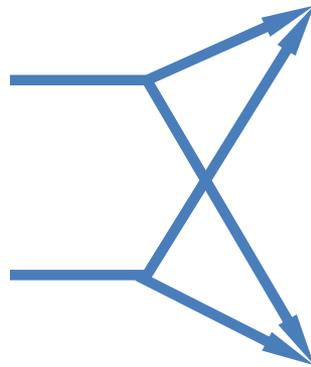
Cronogramas y Presupuestos

- El desarrollo de un proyecto profesional involucra siempre cronograma y presupuesto.
- El proyecto *capstone* debe incluir por lo menos un cronograma básico y un presupuesto básico.

Cronogramas y Presupuestos

- **Cronograma**

- **Presupuesto**



Del desarrollo del proyecto

De la implementación posterior del producto o proceso creado

Elaboración de Presupuestos

- **Determinar los recursos requeridos para completar el proyecto:**
 - Recursos tangibles: humanos, materiales, equipos, espacio, etc.**
 - Recursos intangibles: software, capacitación, consultoría, trámites**
- **Estimar un precio unitario (por hora, por Kg, por litro, por m², etc.) o global según corresponda**
- **Determinar el costo total de cada recurso**
- **Determinar el costo total**

Elaboración de Presupuestos

PRESUPUESTO DE INVERSION

CONCEPTOS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	MONTOS	PROGRAMA	SOCIOS	TOTAL
ACTIVO FIJO							
TERRENO	m2	2000	\$ 38.00	\$ 76,000.00		\$ 76,000.00	\$ 76,000.00
CONSTRUCCION DE ZAHURDA DE 18.5 X 22 M	presupuesto	1	\$ 111,358.00	\$ 111,358.00	\$ 70,578.00	\$ 40,780.00	\$ 111,358.00
BASCULA DE 300 KILOS DIGITAL	Equipo	1	\$ 4,500.00	\$ 4,500.00		\$ 4,500.00	\$ 4,500.00
CARRETILLA, PALA, BIELDO, PACHETES, ETC.	lote	1	\$ 3,710.00	\$ 3,710.00		\$ 3,710.00	\$ 3,710.00
TONACO 2500 LITROS DE CAPACIDAD	lote	1	\$ 3,900.00	\$ 3,900.00		\$ 3,900.00	\$ 3,900.00
MOLINO FORRAJERO MARCA AZTECA DE #12	Pieza	1	\$ 33,000.00	\$ 33,000.00	\$ 33,000.00		\$ 33,000.00
HEMBRAS PORCINAS DE RAZA LANDRACE	cabeza	20	\$ 6,000.00	\$ 120,000.00	\$ 120,000.00		\$ 120,000.00
SEMENTAL PORCINO RAZA LANDRACE	cabeza	1	\$ 6,000.00	\$ 6,000.00	\$ 6,000.00		\$ 6,000.00
SUBTOTAL				\$ 358,468.00	\$ 229,578.00	\$ 128,890.00	\$ 358,468.00
ACTIVO DIFERIDO							
ELABORACION DE PROY. Y ASIST. TECNICA	presupuesto	1	\$ 24,000.00	\$ 24,000.00	\$ 24,000.00		\$ 24,000.00
SUBTOTAL				\$ 24,000.00	\$ 24,000.00	\$ -	\$ 24,000.00
CAPITAL DE TRABAJO							
ALIMENTO	lote	1	20398	20398	\$ 10,422.00	\$ 9,975.58	\$ 20,397.58
MEDICINAS Y VACUNAS	lote	1	2995	2995		\$ 2,995.10	\$ 2,995.10
ADMINISTRADOR	Jornal	2	120	240		\$ 240.00	\$ 240.00
PAGO DE SERVICIOS	presupuesto	1	1350	1350		\$ 1,350.00	\$ 1,350.00
VETERINARIO	jornal	4	300	1200		\$ 1,200.00	\$ 1,200.00
CUIDADO DE LA GRANJA(2)	Jornales	61	100	6084		\$ 6,084.00	\$ 6,084.00
VENTAS(1)	jornales	30	100	3042		\$ 3,042.00	\$ 3,042.00
SUBTOTAL				\$ 35,308.68	\$ 10,422.00	\$ 24,886.68	\$ 35,308.68
TOTAL				\$ 417,776.68	\$ 264,000.00	\$ 153,776.68	\$ 417,776.68

Análisis Económico-Financiero

- **Flujo de ingresos y egresos (mensual, anual)
Inversiones, ventas, gastos**
- **Proponer un esquema financiero**
- **Determinar el TIR, VAN / VPN**
- **Analizar la factibilidad y viabilidad del proyecto**

Normas Obligatorias

- **Todo proyecto capstone debe tener un asesor.**
- **Se debe realizar lo menos una revisión intermedia y calificada de avance del proyecto.**
- **Las asignaturas consecutivas de proyectos capstone no deben llevarse en paralelo (Tesis I y Tesis II).
Reglamento de matrícula.**
- **Todo proyecto debe incluir:**
 - **Normas, estándares**
 - **Identificación y cumplimiento de restricciones, limitaciones**

Normas Obligatorias

- **Todo proyecto debe culminar con la entrega de un informe detallado y completo.**
- **Por lo menos dos proyectos capstone deben presentarse en la Feria de Proyectos.**
- **Los docentes deben entregar los dos mejores informes con sus hojas de evaluación.**

Importante

**Si no hay informe completo,
no hay proyecto**

**Anexo 1: Normas y estándares de
ingeniería aplicados**

**Anexo 2: Restricciones y limitaciones
consideradas y verificadas**

Evaluación del Nivel de Logro de los Resultados del Estudiante

- 1. Solución de Problemas**
- 2. Diseño en Ingeniería**
- 3. Comunicación**
- 4.a. Responsabilidad Ética y Profesional**
- 4.b. Impacto de la Ingeniería**
- 5.a. Trabajo en Equipo**
- 5.b. Gestión de Proyectos**
- 6. Experimentación y Pruebas**
- 7. Aprendizaje Autónomo**
- 8. Conciencia Ambiental**

Evaluación del Nivel de Logro de los Resultados del Estudiante

- En el proyecto *capstone* deben evaluarse la mayoría de Resultados del Estudiante, si es posible todos.
- Es importante que el docente conozca todos los Resultados del Estudiante y la forma de evaluación.
- ABET revisa los informes de proyectos *capstone* y entrevista a estudiantes y docentes.

Evaluación del Nivel de Logro de los Resultados del Estudiante

- **Evaluar al final del semestre cada proyecto capstone en función de los Resultados de Estudiante.**
- **Identificar los Resultados del Estudiante que no se logra la métrica esperada de 75%.**
- **Proponer e implementar acciones de mejora a nivel de la asignatura, de la Escuela, de los Laboratorios, de la Facultad, etc.**

Evaluación del Nivel de Logro de los Resultados del Estudiante

Niveles de Logro

Nivel	Significado
5	Completamente de acuerdo con el logro de la capacidad
4	De acuerdo con el logro de la capacidad
3	Parcialmente de acuerdo con el logro de la capacidad
2	En desacuerdo con el logro de la capacidad
1	No opina

Resultados del Estudiante

2. Diseño en Ingeniería

Diseña un sistema, producto o proceso en el campo de la ingeniería que satisface necesidades y requerimientos, considerando salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.					
Capacidades	5	4	3	2	1
Interpreta requerimientos y necesidades y los traduce en proyectos de ingeniería					
Formula las especificaciones de un proyecto considerando las variables de orden técnico y las restricciones del contexto económico, legal, social y ambiental.					
Propone y compara diferentes alternativas de solución según los requerimientos y restricciones, y selecciona la alternativa más adecuada.					
Desarrolla la solución haciendo uso de los métodos, técnicas, normas y estándares apropiados.					
Presenta y describe la solución en forma gráfica a través de planos, simulaciones virtuales y diagramas.					
Prioriza el uso de materiales, tecnologías, procesos y servicios amigables con el medio ambiente.					
Propone el proceso de implementación / Implementa el producto de diseño aplicando los métodos y técnicas apropiadas.					

Muy bueno (5)	<ul style="list-style-type: none">● Desempeño destacado. Todos los métodos y procedimientos se aplican correctamente y con criterio.● Todos los aspectos del problema están incluidos en la solución.● Demuestra total comprensión del problema y la solución.
Bueno (4)	<ul style="list-style-type: none">● Desempeño superior a lo esperado. Aplica los métodos y procedimiento correctamente.● Casi todos los aspectos del problema están incluidos en la solución.● Demuestra considerable comprensión del problema y la solución.
Regular (3)	<ul style="list-style-type: none">● Desempeño estándar. Aplica los métodos y procedimientos con errores que no afectan significativamente la solución.● No todos los aspectos y requerimientos del problema han sido considerados en la solución.● Demuestra comprensión parcial del problema y la solución.
Malo (2)	<ul style="list-style-type: none">● Desempeño por debajo de lo esperado. Errores frecuentes en los procedimientos conducen a soluciones incoherentes.● Sólo considera algunos aspectos del problema.● No llega a comprender e interpretar correctamente el problema.

Evaluación del Nivel de Logro de los Resultados del Estudiante

Niveles de Logro

Nivel	Significado
5	Completamente de acuerdo con el logro de la capacidad
4	De acuerdo con el logro de la capacidad
3	Parcialmente de acuerdo con el logro de la capacidad
2	En desacuerdo con el logro de la capacidad
1	No opina

Medición del Nivel de Logro de los RE

2. Diseño en Ingeniería

Diseña un sistema, producto o proceso en el campo de la ingeniería mecánica que satisfice necesidades y requerimientos, considerando salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.

Capacidades	5	4	3	2	1	4+5
Interpreta requerimientos y necesidades y los traduce en proyectos de ingeniería mecánica	22%	60%	18%	0%	0%	82%
Formula las especificaciones de un proyecto considerando las variables de orden técnico y las restricciones del contexto económico, legal, social y ambiental.	26%	62%	8%	0%	0%	88%
Propone y compara diferentes alternativas de solución según los requerimientos y restricciones, y selecciona la alternativa más adecuada.	16%	74%	10%	0%	0%	90%
Desarrolla la solución haciendo uso de los métodos, técnicas, normas y estándares apropiados.	20%	52%	12%	16%	0%	72%
Presenta y describe la solución en forma gráfica a través de planos, simulaciones virtuales y diagramas.	28%	50%	20%	0%	0%	78%
Prioriza el uso de materiales, tecnologías, procesos y servicios amigables con el medio ambiente.	18%	50%	22%	10%	0%	68%
Propone el proceso de implementación / Implementa el producto de diseño aplicando los métodos y técnicas apropiadas.	32%	60%	8%	0%	0%	92%

Medición del Nivel de Logro de los RE

6. Experimentación y Pruebas

Desarrolla y conduce experimentos de manera apropiada, analiza datos, interpreta resultados, y aplica juicio ingenieril para formular conclusiones.

Capacidades	5	4	3	2	1	4+5
Determina los objetivos y restricciones del experimento o prueba a realizar.	22%	62%	16%	0%	0%	84%
Identifica y recopila información relevante de experimentos o pruebas similares.	24%	58%	18%	00%	0%	82%
Determina la infraestructura y los recursos necesarios según el experimento o prueba a realizar.	14%	60%	18%	8%	0%	74%
Identifica y relaciona las variables relevantes de un experimento, las mide con precisión y determina sus tolerancias.	10%	78%	12%	0%	0%	88%
Procesa y analiza los resultados usando los métodos y criterios estadísticos apropiados.	12%	70%	18%	0%	0%	82%
Formula conclusiones lógicas y coherentes a partir de los resultados obtenidos y con criterio ingenieril	20%	56%	16%	8%	0%	76%
Entiende y aplica las normas de seguridad que corresponden a la experiencia o prueba.	12%	54%	14%	12%	0%	66%

Propuesta de Mejora Continua

2. Diseño en Ingeniería

Diseña un sistema, producto o proceso en el campo de la ingeniería..... que satisfice necesidades y requerimientos, considerando salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.

		Acción	Fecha	Evidencia	
				SI	NO
Desarrolla la solución haciendo uso de los métodos, técnicas, normas y estándares apropiados.	72%	Presentar a los estudiantes las normas ASME e ISO requeridas para el desarrollo de proyectos de diseño.	20/03/17	X	
		Presentar a los estudiantes proyectos de diseño ya realizados explicando los métodos y técnicas aplicadas.	14/06/17		X
		Informar al profesor del curso ME214 Termodinámica II que los estudiantes no diferencian correctamente los diferentes ciclos termodinámicos.	20/08/17		X
Prioriza el uso de materiales, tecnologías, procesos y servicios amigables con el medio ambiente	68%	Explicar a estudiantes la importancia del uso de materiales no contaminantes. Poner casos y ejemplos reales de contaminación ambiental.	12/02/17	X	
		Entregar a los estudiantes la lectura: "Materiales que Afectan el Ambiente y la Vida de las Personas" para discusión en clase y evaluación.	14/03/17	X	
		Proponer al Director de Escuela el desarrollo de actividades para desarrollar en el estudiante la conciencia por el cuidado del medio ambiente: conferencias, actividades en la Semana de la facultad, concursos sobre el ambiente.	10/10/17		X

Propuesta de Mejora Continua

6. Experimentación y Pruebas

Desarrolla y conduce experimentos de manera apropiada, analiza datos, interpreta resultados, y aplica juicio ingenieril para formular conclusiones.

		Acción	Fecha	Evidencia	
				SI	NO
Determina la infraestructura y los recursos necesarios según el experimento o prueba a realizar.	74%	Preparar un documento explicando los alcances usos de los diferentes instrumentos que se usan en el Laboratorio de Química. Repartir a los estudiantes y evaluar.	18/04/17	X	
		Comprar por lo menos cuatro balanzas de precisión adicionales para el Laboratorio de Química Orgánica. Hay estudiantes que no usan las balanzas.	24/04/17		X
		Detallar en las guías de laboratorio las características de los materiales que se utilizan en cada experiencia de laboratorio.	24/04/17	X	
		Actualizar las guías de laboratorio según los nuevos equipos de refrigeración adquiridos.	12/09/17	X	
Entiende y aplica las normas de seguridad que corresponden a la experiencia o prueba.	66%	Preparar un manual de seguridad del Laboratorio de Química Inorgánica	08/04/17	X	
		Preparar un manual de seguridad para el Laboratorio de Procesos.	15/05/17	X	
		No permitir el ingreso de estudiantes que no estén ataviados con mandil, botas, casco, lentes y guantes apropiados según se ha indicado en la guía de laboratorio.	14/10/17	X	
		Solicitar la instalación de un sensor de gas propano y la colocación de extintores según normas de seguridad INDECI.	11/11/17		X