



## PROGRAMA DEL CURSO II-0503 SIMULACIÓN

### I SEMESTRE DEL 2018

Docentes:

Luis Guell - Sede Rodrigo Facio (Coordinador)  
Victor Esquivel - Sede Interuniversitaria de Alajuela  
David Benavides - Sede de Occidente

### GENERALIDADES DEL CURSO

#### Sede Rodrigo Facio

GRUPO: 001

CRÉDITOS: 03

HORARIO: JUEVES 19:00 a 21:50

AULA: LAINII II

HORARIO DE CONSULTA: MARTES 19:00 A 22:00

REQUISITOS: II0306 Probabilidad y Estadística; CI0202 Principios de Informática; II0401 Investigación de Operaciones

CORREQUISITOS: N/A

### DESCRIPCIÓN DEL CURSO

Este curso presenta aplicaciones que permiten simular sistemas de producción y servicios reales dentro de los modelos que le permiten a un Ingeniero Industrial facilitar la toma de decisiones con base científica dentro de las organizaciones. A su vez permite introducir a los estudiantes al concepto de simulación de procesos estocásticos, brindando habilidades para analizar datos de entrada y salida, así como para perfeccionar la capacidad para la creación de modelados.

El curso Simulación es un curso del quinto semestre de la Licenciatura en Ingeniería Industrial, en el cual se estudian modelos y herramientas para la simulación de sistemas de producción y servicios.

Este curso forma parte del área de Ingeniería de Operaciones, aportando principalmente en la simulación de sistemas de producción y servicios reales dentro de los modelos que le permiten a una persona profesional en ingeniería industrial facilitar la toma de decisiones con base científica dentro de las organizaciones. A su vez permite comprender el concepto de simulación de procesos estocásticos, brindando habilidades para analizar datos de entrada y salida, así como para perfeccionar la capacidad para la creación de modelados.

Para el correcto aprendizaje de los conocimientos y habilidades esperados al finalizar este curso se requiere que el estudiante posea de previo, conocimientos en principios de programación.

### OBJETIVOS





### Objetivo general:

Al finalizar el curso el estudiante será capaz de crear modelos de diferentes situaciones a nivel de las organizaciones, con el fin de generar ambientes virtuales de experimentación para la toma de decisiones.

### Objetivos específicos:

Al finalizar el curso, el estudiante será capaz de:

1. Memorizar los conceptos básicos de la simulación de procesos, con el fin de que estos formen parte de las herramientas del estudiante para la resolución de problemas.
2. Aplicar a una situación o problema un modelo de simulación con el fin de determinar una solución óptima.
3. Crear con ayuda de software de simulación modelos que representen los problemas o realidades que requieren ser optimizados.

## ATRIBUTOS DEL PERFIL DEL GRADUADO

La acreditación es un proceso de evaluación voluntario, que busca determinar si un programa formativo cumple los estándares de calidad establecidos. A nivel internacional existe el Acuerdo de Washington, el cual regula a las agencias de acreditación de programas de ingeniería, definiendo aspectos comunes a lograr en todos los programas de esta rama.

El acuerdo de Washington tiene adheridos más de 20 agencias de diferentes países, incluyendo la Canadian Accreditation Board (CEAB) y más recientemente de forma interina, la Agencia de Acreditación de Programas de Ingeniería (AAPIA) del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA).

El programa de Licenciatura en Ingeniería Industrial de la Universidad de Costa Rica es reconocido como sustancialmente equivalente desde el año 2000 por la CEAB. Desde el año 2000 se cuenta con la acreditación del Sistema Nacional de Acreditación de la Educación Superior (SINAES) y a partir de 2017 por la AAPIA.

Entre los aspectos comunes definidos por el Acuerdo de Washington, se encuentra el enfoque de formación de atributos y por tanto la definición de los atributos que todo graduado de un programa de ingeniería debe cumplir.

Los atributos de los graduados se definen como: "(...) conjunto de resultados individuales evaluables, que son los componentes indicativos del potencial del graduado para adquirir la competencia para la práctica profesional" (WA, 2015).

Nuestro programa ha definido, a saber, 12 atributos; los cuales han sido desglosados cada uno, en un conjunto de indicadores medibles para demostrar que los estudiantes poseen este atributo.





Como parte del curso de Simulación, se aporta en la formación de los atributos anteriores y se medirá el siguiente:

**Investigación:** Investigar problemas de ingeniería desde diferentes perspectivas metodológicas con el fin de plantear conclusiones válidas.

En específico con cada atributo se trabajará de tal manera que al finalizar el curso el estudiante será capaz de evidenciar la adquisición de las siguientes características del ejercicio profesional:

- Sustenta los abordajes metodológicos seleccionados para la resolución de problemas de ingeniería (I-1 – Investigación – Nivel Intermedio).

## ACTIVIDADES

### Semana 1: 17 marzo 2018

Lectura carta al estudiante

Presentación Introducción a la Simulación

- ¿Qué es Simulación?
- ¿Cuándo se usan las Simulaciones?
- Conceptos principales de Simulación
- ¿Cómo crear un Modelo de Simulación?

Presentación herramientas de apoyo para definición de un modelo.

- *Modelo de Caja Negra*
- *Matriz de Criterio de Ingeniería*

### Semana 2: 24 marzo 2018

Generadores de Números Pseudo-Aleatorios

Algoritmos generadores

\*\*\*Entrega de LAB 1





Generación con software estadísticos  
Generación de Variables Aleatorias  
(Distribuciones)

Método de generación manual (inversión  
frecuencial, función inversa y rechazos)

**Semana 3:** 7 abril 2018

Continuación:

Generación de Variables Aleatorias  
(Distribuciones)

Método de generación manual (inversión  
frecuencial, función inversa y rechazos)

Análisis de datos de entrada con FLEXSIM,  
MINILAB, STATISTICA, Risk.

Introducción al modelado de procesos

\*\*\*Entrega de LAB 2

+++Tarea 1: Definición de sistema para la  
práctica de campo.

**Semana 4:** 14 abril 2018

Introducción al modelado de procesos con  
FLEXSIM

\*\*\*Entrega de LAB 3

+++Tarea 2: Entrega de Formato de Proyecto  
de Simulación de la práctica de campo.

**Semana 5:** 21 abril 2018

Análisis de datos de salida

**Semana 6:** 28 abril 2018

Laboratorio de simulación con FLEXSIM

+++Tarea 3: Entrega de Flujo de Proceso de  
Práctica de Campo

**Semana 7:** 5 mayo 2018

Diseño Factorial 2k

Mas Simulación Con FLEXSIM

\*\*\*Entrega de LAB 4

**Semana 8:** 12 mayo 2018

Examen Parcial

\*\*\*LAB 5: Simulation Challenge en CLASE

**Semana 9:** 19 mayo 2018

Estimación Número de Réplicas

Cálculos del Periodo de Calentamiento

Laboratorio de simulación

**Semana 10:** 26 mayo 2018

Simulación avanzada

Optimización con FLEXSIM

\*\*\*Entrega de LAB 6

+++Tarea 4: Simulación de Práctica de  
Campo. Análisis de oportunidades de mejora  
preliminares.





**Semana 11:** 2 junio 2018

\*\*\*LAB 7: Plan de Evacuación parte en Clase

**Semana 12:** 9 junio 2018

Visita de Profesional

+++Tarea 4: Práctica de Campo (Simulación de la Vida Real)

**Semana 13:** 16 junio 2018

Simulación avanzada con FLEXSIM

Optimización con FLEXSIM

Optimización avanzada

Algoritmo Genético Mixto

Metamodelos y Análisis de Sensibilidad

\*\*\*LAB 7: Entrega de Plan de Evacuación

\*\*\*Entrega de LAB 8

**Semana 14:** 23 junio 2018

Laboratorio de Simulación.

\*\*\*Entrega de LAB 9

**Semana 15:** 30 junio 2018

Laboratorio de Simulación.

\*\*\*Entrega de LAB 10

+++Tarea 5: Simulación y Resultados de Práctica de Campo. Presentación.

**Semana 16:** 7 julio 2018

Examen Final

\*\*\*Entrega de LAB 11

## DOCENTES

### Sede Rodrigo Facio

**Nombre:** Victor Manuel Esquivel Mendez

Teléfono: 2229-8685 / 7070-9898

Oficina: 2527-9003

Correo electrónico: [esquivic@gmail.com](mailto:esquivic@gmail.com), [vesquivel@ucr.ac.cr](mailto:vesquivel@ucr.ac.cr)

Posee una licenciatura en Ingeniería Industrial y es egresado de la Maestría en Ingeniería Industrial de la Universidad de Costa Rica. Se ha desempeñado por más de 13 años en diferentes áreas de consultoría y dirección de Operaciones. Trabajó como consultor internacional de la Empresa Management Sciences for Health en el área de Logística de Medicamentos. Actualmente labora como Sub-Gerente de Programas y Proyectos de Tecnología en BAC|Credomatic. Esta especializado en el áreas de optimización avanzada y análisis de datos. Ha impartido cursos de Probabilidad y estadística, Investigación de Operaciones, Optimización Avanzada, Análisis de Datos, Diseño de Experimentos y Simulación. Cuenta con Certificaciones en diferentes áreas de tecnología e ingeniería: CobIT 5.0 Certified, Lean Six Sigma Black Belt Certified, Linux Server Administrator, ITIL Foundations Certified.





## Sede Occidente

**Nombre:** David Benavides González

**Grado académico:** Licenciado en Ingeniería Industrial por Universidad de Costa Rica y Master en Dirección Financiera por la Universitat de Barcelona.

**Experiencia laboral:** Cuenta con 12 años de experiencia profesional, habiendo laborado para empresas como Walmart y Bac Credomatic. Actualmente se desempeña como Gerente de Compras y Cuentas por Pagar del Centro de Servicios Compartidos de BAC Credomatic Network.

**Experiencia docente:** ha sido docente del curso Investigación de Operaciones en la Sede de Alajuela y actualmente imparte el curso de Simulación en la Sede de Occidente.

**Teléfono:** 89127767 / 70704958

**Correo electrónico:** [davidben17@gmail.com](mailto:davidben17@gmail.com), [dbenavidesg@baccredomatic.com](mailto:dbenavidesg@baccredomatic.com)

## METODOLOGÍA DE LA ENSEÑANZA/APRENDIZAJE

Exposiciones magistrales, Los temas estipulados en este programa se comprenderán mediante exposiciones que el profesor prepare, se entregará a los estudiantes una copia en versión electrónica de las presentaciones (anterior a la clase) así como de los apuntes del profesor (posterior a esta).

Casos del Curso: Los casos asignados en grupo son un problema práctico que se debe resolver en grupos de 3 a 5 estudiantes.

Exámenes parciales: Se realizarán conforme se indica en el cronograma.

## EVALUACIÓN

Rubro	Porcentaje
I Examen Parcial	25%
Tareas, exámenes cortos y Labs de Simulación*	20%
Práctica de Campo (Simulación de la vida Real)	30%
II Examen Parcial (Caso de Simulación)	25%

## INFORMACIÓN ADICIONAL DEL CURSO

Los exámenes cortos se realizan sin aviso previo, cumpliendo con las disposiciones del Reglamento de Régimen Académico Estudiantil (Artículo 15), cubriendo la materia de forma acumulativa.

Como parte de los criterios de evaluación, se tomará en cuenta que aquel estudiante o grupo de trabajo que incurra en alguna falta grave tal como, copia, plagio, utilización de material no autorizado o comunicación o actuación ilícita en cualquiera de la pruebas o parte de ellas, **perderá automáticamente el curso, con las consecuencias posteriores que establece la Universidad de Costa Rica.**

**La no entrega del proyecto también representa la pérdida del curso automáticamente.**

### NORMAS DE TRABAJO PARA EL CURSO (para ser aplicado a todos los trabajos)

- Todos los trabajos deben de llevar el nombre completo del (los) autor(es) del mismo. Así como la fecha de entrega.
- Cada uno de los participantes es responsable de verificar que su nombre aparezca en el trabajo, luego no se aceptan reclamos porque no aparecían en la lista.
- EL NOMBRE DEBE APARECER EN FORMA EXPLÍCITA Y CLARA. Aquellos trabajos donde aparezcan solo iniciales, alias, apodos, etc. y no el nombre completo, no serán calificados.





- Todos los trabajos deben ser entregados en vía correo electrónico ([davidben17@gmail.com](mailto:davidben17@gmail.com)) a menos que se indique lo contrario.
  - Los trabajos deben entregarse en formato PDF, todo trabajo debe adjuntar al menos una explicación del procedimiento utilizado y un análisis de resultados en PDF, a menos que se indique otro contenido explícitamente. Toda otra información que sea necesaria debe ser adjuntada en formato ZIP en el mismo correo. No se debe incluir en el ZIP el PDF. La no presentación en el formato adecuado implicará la no revisión del trabajo.
  - Deben venir con la numeración en cada página (no incluye portadas, tablas de contenido, índices).
- **El profesor recibe los trabajos hasta el inicio de clase respectivo**, el límite puede variar si así lo dispone el profesor. Los trabajos fuera de este límite solo serán aceptados si el profesor aprobó su entrega tardía, si no no serán evaluados y esto no es susceptible a reclamos.
- Los trabajos donde participe más de un estudiante, deben llevar un desglose de participación en el trabajo [ver sección referente a este punto más adelante].
- En los trabajos grupales, el profesor tiene la potestad de escoger la(s) persona(s) que va(n) a explicar o exponer una parte o la totalidad del trabajo. El desempeño de la(s) persona(s) en la exposición afecta directamente la nota grupal, hasta en un 75% del total del valor del trabajo.
- Cualquier trabajo sin referencias, o mal realizados según los estándares del formato APA serán calificados en forma automática con un CERO (0).
  - Si no toman partes textuales, sino solo las ideas, igual tienen que identificarlas explícitamente en el documento.
- Si se usa material textual dentro del documento, este debe ser claramente identificado y referenciado, no se permite que los trabajos sean más de un 10% de material textual o parafraseado.
- Si durante las presentaciones de los trabajos, algún compañero realiza actos de falta de respeto como interrumpir, silbar, hacer comentarios burlistas, hacer trabajos, leer material, chatear, navegar durante el acto, entre otros, podrá ser sancionado con puntos en su trabajo, hasta por un valor de un 50%.
  - Si durante la presentación de trabajos (papers, proyectos, investigaciones, etc.) se dura más de una sesión, y los que ya expusieron faltan a la otra sesión, se considerará como falta de respeto e intereses hacia los compañeros.
- Al inicio de curso se les indicará el correo oficial para el envío de trabajos, si se envían a otro correo o no se envía el trabajo escrito en formato PDF no serán considerados, sin reclamos.
  - Los estudiantes son responsables de guardar una copia de los trabajos enviados, estos van a ser utilizados como prueba que los enviaron y sin ellos no se admiten reclamos.

### **Criterios sobre la copia, plagio o la ayuda no permitida en evaluaciones**

Cualquier alumno que incurra en actos de copia, plagio o ayudas no permitidas a otros en cualquier evaluación o trabajo, automáticamente perderá el curso y se expone a las sanciones reglamentarias que exige la Universidad. Igualmente, la no entrega del proyecto implica la pérdida automática del curso.

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **Libros de texto o Referencia principal de consulta**

Rios Insua, David. Simulación Métodos y Aplicaciones. Editorial Alfaomega 2007  
Kelton, Sadowski & Sturrock, simulación con Software Arena, Fourth Edition, McGraw Hill 2007.





### **Referencias adicionales de consulta**

- Banks, J. y carson, J.S. Discrete-event system simulation Prentice-Hall International.  
Garcia Dunna, Eduardo y otros. Simulación y Análisis de Sistemas con Promodel, Editorial Prentice-Hall. México 2006.  
Ross, Sheldon. Simulación, Prentice-Hall  
Gordon, G. System simulation. Prentice-Hall Inc.  
Hwei Hsu. Probability, Random Variables & Random Processes. Schaum







Anexo: Formato de Proyecto de Simulación

# <<Nombre del Proyecto de Simulación>>

Fecha:

Nombre de Archivo de Simulación Actual:

Software de Simulación Utilizado:

Palabras claves:

## Primera Parte

### Definición del Problema

Antecedentes (incluir la historia del proyecto o problema, la razón de la simulación, y la justificación)

Objetivos

Indicadores Claves de Desempeño

Variables Claves de Decisión

Enfoque de Simulación

. Limitaciones

. Suposiciones de Limitaciones

. Suposiciones Operativas

Lógica Especial que sea Necesaria Incluir

## Segunda Parte

### Descripción Operacional

Descripción del Sistema

Material de Soporte: diagramas, fotografías, y datos históricos (incluidas aquí o adjuntas como Anexo)

Lógica especial u otras consideraciones a ser incorporadas

Modelo Conceptual / Diagrama de Flujo de Objetos

Referencias (para documentos de respaldo)

#	Nombre	Ubicación	Tipo	Fecha/Versión	Comentarios

## Tercera Parte

### Implementación de la Simulación

Unidades de Medida Básicas

. Unidad de medida de tiempo =

. Unidad de medida de distancia =

Abreviaciones y acrónimos

Simplificaciones y suposiciones en el modelo

Objetos de Flujo (Flow Items)

Nombre de Flow Item	Nombre de "label"	Tipo de "label"	Descripción/Valor




Recursos Fijos, Propiedades Básicas

Nombre de Objeto	Descripción	Capacidad	Tiempo Muerto

Recursos Fijos, "labels"

Nombre de Objeto	Nombre de "label"	Tipo de "label"	Descripción/Valor

Recursos Fijos, Detalles Operativos

Nombre de Objeto	Tiempo de Setup	Tiempo de Proceso	de	Notas

Ejecutores de Tareas (móviles), Detalles Operativos

Nombre de Objeto	Capacidad	Velocidad	Aceleración	Desaceleración	Comentarios

Lógica Agregada a Objetos

Nombre de Objeto	Parámetros Operativos	Lógica de Flujo	Lógica de Inicio (Trigger)	Descripción

Objetos Fluidos

- . Unidad base de flujo =
- . "Tick value" =

Nombre de Objeto	Descripción	Capacidad	Tasas de Puertos			
			Obj In	Obj Out	Port In	Port Out

Herramientas de Visualización

Nombre de Objeto	Descripción

Diagrama de Nodos de Red (mostrar todos los objetivos conectados a la red y las reglas de red (por ejemplo, flujos de una vía)).

Tablas Globales (incluir las tablas aquí o adjuntarlas como Anexo)

Asignaciones de secuencia de números aleatorios

Número de Secuencia	Objeto donde fue usada	Uso



Objetos Especiales (liste y describa aquellos desarrollados para esta simulación o que fueron traídos de otras librerías)

Interfaces de Usuario (describa cómo los usuarios interactúan con el modelo de simulación).

Operación de Simulación

Variables de Entrada

Salidas y Reportes

Vistas del Modelo (incluya imágenes de las pantallas de simulación)

Análisis de Datos de Entrada

Historia de Versiones de Modelos

Cambio de la versión XXX (agregar fecha)

## Cuarta Parte

### Resultados

Validación del Modelo

. Plan de Validación

. Resultados de Validación

Preguntas de Análisis

Definición de las mediciones de desempeño

Descripción del proceso o metodología de análisis

Información Táctica

. Condiciones Iniciales

. Longitud de corridas

. Número de replicaciones

. Duración de período de calentamiento

Experimentos

	Variables			Mediciones de Desempeño		
	V1.nombre	V2.nombre	V3.nombre	MD1	MD2	MD3
Escenario	Seteos			Valores		

Análisis de los Experimentos de Simulación

Conclusiones y Recomendaciones

