

## PROGRAMA DE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

**Carrera:** Ingeniería en Alimentos

**Asignatura:** Control Estadístico de Procesos

**Núcleo al que pertenece:** Superior Complementario<sup>1</sup>

**Docente:** Carlos Mulreedy

**Prerrequisito obligatorio:** Probabilidad y Estadística

**Prerrequisitos recomendados:** Cálculo avanzado y Operaciones Unitarias

### Objetivos

Se espera que quienes cursen la asignatura:

- Aprendan las herramientas estadísticas necesarias para alcanzar el aseguramiento de la calidad en organizaciones manufactureras y de servicios.
- Comprendan los fundamentos del funcionamiento de dichos métodos, analizando los fundamentos estadísticos en los cuales se basan.
- Aprendan a programar las planillas de cálculo para aplicarlos al proceso que corresponda en cada caso, de modo de no depender exclusivamente de programas comerciales para su aplicación.
- Adquieran conocimientos elementales de análisis multivariable que resultaran muy valiosos en su vida profesional.

### Contenidos mínimos

Calidad. Control estadístico de la calidad. Prevención de desviaciones del proceso que afectan la calidad. Seguimiento de los datos de proceso en bases de datos relacionales.

---

<sup>1</sup> En el plan vigente RCS N° 454/15. Para el plan RCS N°163/02, pertenece al núcleo Superior Electivo.

**Carga horaria:** 4 horas semanales

### **Programa analítico**

**Unidad 1: Repaso de probabilidad y estadística básica.** Variables aleatorias continuas y discretas. Esperanza y varianza. Experimentos Bernoulli. Distribuciones discretas: uniformes, binomial, Poisson. Distribuciones de muestreo: normal, ji-cuadrado, t (Gosset-Student), Fischer. Estimación de parámetros: intervalos de confianza, de tolerancia; test de hipótesis y ANOVA de un factor.

**Unidad 2: Introducción a los diagramas de control.** Concepto de calidad. Control Estadístico de Procesos (CEP) y su aplicación en el Control de la Calidad. Interés para la Ingeniería en Alimentos. Aplicación a la producción. Aplicación al mejoramiento de la calidad y reducción de costos. Variabilidad fortuita y atribuible. Procesos bajo control y fuera de control estadístico. Diagramas de Shewhart. Límites de control. Subgrupos racionales. Tipos de patrones no aleatorios. Criterios de decisión.

**Unidad 3: Diagramas de control para atributos.** Conformidad y disconformidad de un producto. Diagrama p (fracción de disconformes). Elección del tamaño muestral y de la frecuencia de muestreo. Tamaño de muestra variable. Diagrama c (de disconformidades).

**Unidad 4: Diagramas de control de variables.** Diagramas de control de  $\bar{x}$  y R. Diagramas de control de  $\bar{x}$  y S. Curvas de Operación para la elección de los tamaños de las muestras.

**Unidad 5: Estudios complementarios.** Capacidad de un proceso:  $C_p$ ,  $C_{pi}$ ,  $C_{ps}$ ,  $C_{pk}$ . Métodos para controlar varias características de calidad relacionadas: Hotelling.

**Unidad 6: Muestreo para aceptación.** Planes de muestreo simple por atributos. Planes de muestreo doble, múltiple y secuencial. Norma IRAM 2859-1 y Norma militar 105D.

**Unidad 7: Operación Evolutiva y Diseños Factoriales.** OPEV; conceptos básicos de diseño experimental: factores y variables, niveles y tratamientos; obtención de superficies de respuesta para modelos factoriales de primer y segundo orden; método del camino de máxima pendiente.

#### Actividades prácticas

Actividad 1: **Análisis de Varianza (ANOVA):** Utilizando una planilla programada ad hoc, se analizan diversos conjuntos de muestras, determinándose en cada caso si se acepta o no la hipótesis nula. Cuando sea necesario, se empleará un proceso de comparaciones múltiples.

Actividad 2: **DC para fracción disconforme:** Dada una muestra de tamaño conformada por  $m$  mediciones de tamaño  $n$ , se construirá el diagrama de fracción disconforme correspondiente y se analizará la existencia de patrones que puedan señalar una condición de fuera de control del proceso.

Actividad 3: **DC para fracción disconforme en muestras de tamaño variable:** Se trabajará con una misma muestra conformada por  $m$  mediciones, pero donde cada una de ellas habrá de tener un tamaño diferente. Se aplicarán los tres métodos usuales para el análisis de dichas muestras y se compararán los resultados obtenidos en cada caso.

Actividad 4: **DC para disconformidades:** Se trabajará con  $m$  unidades de control, y se programará la planilla de cálculo para obtener el correspondiente diagrama de control. Se analizarán patrones que pudieran indicar una condición de fuera de control del proceso, y se profundizará en estudio construyendo el diagrama de Pareto correspondiente al problema. Eventualmente, podrá efectuarse el respectivo diagrama de Ishikawa.

Actividad 5: **DC de medias y de R:** Ya dentro de las DC de variables, y a partir de lo que resulte una vez analizadas las curvas de operación para diversos tamaños muestrales, se programará la planilla de cálculo para construir los diagramas de recorridos o amplitudes y de medias. Se buscarán en los mismos patrones que indiquen condiciones de fuera de control del proceso.

Actividad 6: **DC de medias y de S:** Cuando la precisión deseada nos obligue a trabajar con muestras de mayor tamaño, se volverá a programar una planilla de cálculo, pero reemplazando los rangos por las varianzas muestrales. Como en todos los problemas anteriores, una vez obtenidos los DC, se buscarán patrones que pudiesen indicar una condición de fuera de control.

Actividad 7: **Hotelling T2 para dos factores:** A partir de los diagramas de medias y S correspondientes a dos variables distintas del mismo producto, contruidos mediante un mismo muestreo, se discute la condición de fuera de control de un proceso utilizando el estadístico T2 de Hotelling que no se observa al analizar a cada una de las variables por separado. En este caso, dada la complejidad del formuleo empleado, se emplea una planilla de cálculo construida ad hoc por el docente.

Actividad 8: **Hotelling T2 para más de dos factores:** Utilizando un programa en Matlab, se analizan dos casos basados en un mismo muestreo. En primer lugar, a partir de la medición de cinco factores distintos; en un segundo caso, con esos cinco factores más otros seis (es decir, con un total de once factores). En esta Actividad se discuten durante la clase sincrónica los resultados obtenidos.

Actividad 9: **Operación Evolutiva:** Empleando un programa en Matlab desarrollado por el docente, se estudian durante la clase sincrónica diversos procesos y se evalúan los procedimientos a seguir en cada caso, de acuerdo a los resultados obtenidos.

Actividad 10: **Diseños Factoriales:** Empleando planillas de cálculo diseñadas por el docente, se estudia un diseño factorial de tipo  $2^2$ , obteniéndose los modelos de regresión de primer y de segundo orden correspondientes a un

ensayo determinado. Se discuten los resultados obtenidos y se obtienen las condiciones correspondientes al punto óptimo.

## **Bibliografía**

### Biografía obligatoria

- Montgomery, D. C. y Runger, G. C. (2003). Applied Statistics and Probability for Engineers, 3ra ed., John Wiley & Sons, Inc., United States of America.
- Montgomery, D. C. (1991), Control estadístico de la calidad, Grupo Editorial Iberoamérica, México.

### Bibliografía de consulta

- Baíllo Moreno, A.; Grané Chávez, A. (2008). 100 problemas resueltos de Estadística Multivariable (implementados en Matlab). Delta Publicaciones Universitarias: Madrid.
- Devore, J.; Berk, K. (2012) Modern Mathematical Statistics with Applications. Springer: New York.
- Hoel, P. (1969). Estadística Elemental, CECSA, México.
- Juran, J.M. y Gryna, F. (1993). Manual de control de Calidad, Mc Graw Hill, Madrid.
- Gutiérrez Pulido, H.; De la Vara Salazar, R. (2008). Análisis y diseño de experimentos; Mc Graw Hill: México
- Santaló, L. (1980). Probabilidad e inferencia estadística; Secretaría de la Organización de Estados Americanos. Washington.
- Spiegel, M.; Schiller, J.; Srinivasan, R. (2003) Probabilidad y Estadística Mc Graw Hill: México.
- Walpole, R.; Myers, R.; Myers, S.; Ye, K. (2007) Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias. Pearson, Educación: México.
- Weimer, R. (2003) Estadística. Compañía Editorial Continental, S.A.: México.

## **Organización de las clases**

Los contenidos del curso se desarrollan en clases teórico-prácticas, apoyadas por los Apuntes de clase que las estudiantes y los estudiantes encuentran en el

campus. Después de desarrollar los contenidos teóricos correspondientes, se procede a trabajar con problemas concretos.

Las actividades prácticas están conformadas por la resolución de problemas, empleando para ello planillas de cálculo programadas de exprofeso, discutiendo los resultados obtenidos a partir de los criterios que se propusieron en las clases teóricas.

### **Modalidad de evaluación**

La modalidad de evaluación y aprobación será según el Régimen de estudios vigente (Res. CS 201/18).

#### Modalidad regular

Los contenidos teóricos se evaluarán mediante dos evaluaciones parciales. Además, deberán aprobar todas las actividades prácticas. La calificación final de la asignatura quedará determinada por el promedio de las notas de los parciales y de las actividades prácticas. Eventualmente, la recuperación de alguno de los parciales teóricos puede concretarse mediante un coloquio oral.

#### Modalidad libre

En la modalidad de libre, se evaluarán los contenidos de las asignaturas en un examen escrito, un examen oral e instancias de evaluación similares a las realizadas en la modalidad presencial. Los contenidos a evaluar serán los especificados anteriormente incluyendo contenidos teóricos y resolución de problemas de aplicación construyendo las planillas de cálculo adecuadas a cada caso específico.

## CRONOGRAMA TENTATIVO

Semana	Tema/Unidad	Actividad				Evaluación
		Teórico	Práctico			
			Res. Probl.	Laboratorio	Otros	
1	U1: repaso Estadística Actividad 1- ANOVA para un factor	X	X			
2	U2: Diagramas de Shewhart	X	X			
3	U3: Diagramas p o de fracción disconforme Actividad 2: DC para fracción disconforme de tamaño constante	X	X			
4	U3: Diagramas p para tamaño muestral variable Actividad 3: DC para fracción disconforme de tamaño variable	X	X			
5	U3: Diagramas c o de control de disconformidades Actividad 4: DC para disconformidades y diagrama de Pareto	X	X			
6	U4: Diagramas de Control de Variables x y R Actividad 5: DC de medias y R	X	X			
7	U4: Diagramas de Control de Variables x y S Actividad 6: DC de medias y S	X	X			
8	Primer Parcial					X
9	U5: Hotelling T2 Actividades 7 y 8: Hotelling para dos o mas factores	X	X			
10	Recuperatorio del Primer Parcial					X
11	U6: Muestreo para aceptación de lotes	X	X			
12	U6: Muestreo para aceptación de lotes	X	X			
13	U7: Operación evolutiva Actividad 9: Análisis de una fase mediante Matlab	X	X			

14	U7: Diseños factoriales	X	X			
15	U7: Optimización por superficies de respuesta Actividad 10: modelos de regresión de primer y segundo orden					
16	Segundo Parcial					X
17	Recuperatorio del Segundo Parcial					X
18	Integrador					X