



UNIVERSIDAD  
DE LA REPUBLICA  
URUGUAY



# Sistema de detección de puntos críticos de control para una carrera de ingeniería

Martín Raul Pratto Burgos

Programa de Posgrado en Gestión de la Innovación  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de la República

Montevideo – Uruguay  
Octubre de 2022



UNIVERSIDAD  
DE LA REPUBLICA  
URUGUAY



# Sistema de detección de puntos críticos de control para una carrera de ingeniería

Martín Raul Pratto Burgos

Tesis de Maestría presentada al Programa de Posgrado en Gestión de la Innovación, Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República, como parte de los requisitos necesarios para la obtención del título de Magister en Gestión de la Innovación.

Director:

Ing. Prof. Roberto Kreimerman

Director académico:

Lic. Prof. Jorge Rasner

Montevideo – Uruguay

Octubre de 2022

Pratto Burgos, Martín Raul

Sistema de detección de puntos críticos de control para una carrera de ingeniería / Martín Raul Pratto Burgos. - Montevideo: Universidad de la República, Facultad de Ingeniería, 2022.

XIII, 84 p.: il.; 29, 7cm.

Director:

Roberto Kreimerman

Director académico:

Jorge Rasner

Tesis de Maestría – Universidad de la República, Programa en Gestión de la Innovación, 2022.

Referencias bibliográficas: p. 67 – 69

1. Gestión, 2. educación univertaria, 3. innovación.  
I. Kreimerman, Roberto, . II. Universidad de la República, Programa de Posgrado en Gestión de la Innovación. III. Título.

A mi madre que es el sostén de cada etapa de mi vida, y a mi padre que me guía desde el cielo. Para mi abuela Nelda y mi tía Élide que me educaron para ser la persona y el profesional que soy hoy en día.

# Agradecimientos

Culminada esta etapa tan importante en mi carrera profesional quiero agradecer el primer lugar a mi tutor el Ing. Quim. Roberto Kreimerman por la disposición y el entusiasmo que logró transmitirme en todo momento.

En segundo lugar, quiero agradecer a mis compañeros de la Unidad de Enseñanza de la Facultad de Ingeniería. En particular, a Daniel y a Fernando por acompañarme en todo este trayecto, no solo desde lo técnico, sino también por el apoyo moral que es tan necesario para continuar con este proceso.

En tercer lugar, agradezco a mis amigos por escucharme en cada reunión en la que siempre tenía que hablar de la tesis.

Por último, un agradecimiento muy especial. Esta tesis no la hubiese llevado adelante sin el apoyo incondicional de mi madre que soportó cada uno de mis estados de ánimo cambiantes durante todo este proceso, y también el apoyo de mi padre que hasta el último momento de su vida estuvo al lado mío acompañándome.

## RESUMEN

La tesis presenta una propuesta innovadora basada en agregar valor al proceso educativo universitario uruguayo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República. Actualmente, no existe ninguna definición que permita detectar en qué parte del proceso educativo la reprobación de un curso impide que el estudiante avance en su plan de estudios. La innovación en servicios se fundamenta a través de la extrapolación del Sistema de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control (HACCP), proveniente de la industria alimentaria, al sector educativo universitario dando lugar a un Sistema de Detección de Puntos Críticos de Control referidos al plan de estudios y a las trayectorias estudiantiles. El sistema se basa en los siete principios del plan HACCP detectando el peligro a través de la localización de las unidades curriculares que tienen mayor incidencia en el sistema de previaturas del plan de estudios e identificando el resultado negativo a través del desempeño estudiantil por reprobación. Para el análisis de las unidades curriculares que integran el plan de estudios se determinan indicadores que pertenecen a las métricas de centralidad construido con un grafo dirigido. En el análisis del desempeño estudiantil el indicador medido en el tiempo corresponde al porcentaje de estudiantes que no logran ganar los créditos. Las unidades curriculares cuyos valores numéricos superen o igualen los umbrales límites para los indicadores hace que se las clasifique como Puntos Críticos de Control. Su interpretación radica en el atraso estudiantil de mínimo un año académico cuando los estudiantes reprueban dichas unidades curriculares. El plan de gestión de seguimiento y monitoreo de Puntos Críticos de Control engloba la designación del equipo y su capacitación, el monitoreo, la comunicación y la verificación del cumplimiento de los umbrales límites de los indicadores. El Sistema de Detección de Puntos Críticos de Control se implementó y calibró para el plan de estudios del año 2000 de la carrera Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República. La interpretación de las métricas de centralidad a partir del grafo dirigido construido con las unidades curriculares que conforman el plan de estudios, da como resultado que los umbrales límites son superados por cuatro unidades curriculares, dos de ellas superando el  $(55 \pm 5)\%$  de estudiantes que no logran los créditos en un lapso superior a dos años. El resultado del Sistema de Detección de Puntos Críticos de Control iguala las respuestas aportadas por la percepción de los referentes de la carrera Ingeniería Química en las dos unidades curriculares detectadas por el sistema como Puntos Críticos de Control y por lo tanto calibrando el sistema.

Palabras claves:

Gestión, educación univertaria, innovación.

## ABSTRACT

The thesis presents an innovative proposal based on adding value to the uruguayan university educational process of the Engineering Faculty of the Republic University. Currently, there is no definition that allows detecting in which part of the educational process the failure of a course prevents the student from advancing in the curriculum. Innovation in services is based on the extrapolation of the Hazard Analysis and Critical Control Points System (HACCP), from the food industry, to the university education sector, giving rise to a Critical Control Points Detection System referring to the curriculum and student trajectories. The system is based on the seven principles of the HACCP plan, detecting the danger through the location of the courses that have the greatest incidence in the system of preliminary studies of the curriculum and identifying the negative result through the student performance due to failure. For the analysis of the courses that make up the curriculum, indicators that belong to the centrality metrics constructed with a directed graph are determined. In the analysis of student performance, the indicator measured over time corresponds to the percentage of students who fail to earn credits. The courses whose numerical values exceed or equal the limit thresholds for the indicators cause them to be classified as Critical Control Points. Its interpretation lies in the student backwardness of at least one academic year when students fail these courses. The follow-up and monitoring management plan for Critical Control Points encompasses the designation of the team and its training, monitoring, communication and verification of compliance with the threshold limits of the indicators. The Critical Control Points Detection System was implemented and calibrated for the year 2000 curriculum of the Chemical Engineering career of the Faculty of Engineering of the University of the Republic. The interpretation of the centrality metrics from the directed graph built with the courses that make up the curriculum, results in the limit thresholds being exceeded by four courses, two of them exceeding  $(55 \pm 5)\%$  of students who do not earn credits in more than two years. The result of the Critical Control Points Detection System equals the answers provided by the perception of the referents of the Chemical Engineering career in the two courses detected by the system as Critical Control Points and therefore calibrating the system.

Keywords:

Management, university education, innovation.