



Encuentro Internacional de  
Educación en Ingeniería ACOFI

**GESTIÓN, CALIDAD Y DESARROLLO  
EN LAS FACULTADES DE INGENIERÍA**

Cartagena de Indias, Colombia  
18 al 21 de septiembre de 2018



# **EXPERIENCIAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRA CIVIL EN CONTEXTOS EDUCATIVOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE PROYECTOS INTEGRADORES**

**Diego Leandro Blanco Muñoz, Jorge Mauricio Ramírez Velásquez, Jhon Alexis  
Castellanos Reyes**

**Universidad Pontificia Bolivariana  
Bucaramanga, Colombia**

## **Resumen**

Ejecutar proyectos de construcción es un ejercicio complejo, en el que se afronta la necesidad de planear metódicamente el proceso de producción en el sitio de la construcción. El Ingeniero Civil como planificador de los métodos de construcción, los costos del proyecto, la programación de la obra, la logística de producción, y todos los aspectos técnicos, organizacionales y administrativos del proyecto, debe tomar decisiones y asumir supuestos que después deberán verse reflejados en la etapa de construcción. El ser asertivo en definir correctamente la etapa de construcción desde la etapa de planeación se traduce en beneficios económicos para los promotores de los proyectos, en calidad del producto entregado a los usuarios, y en calidad y seguridad del entorno laboral para los trabajadores. Con la finalidad de formar a los estudiantes en aspectos fundamentales del saber, el hacer, y el saber ser de la profesión del ingeniero civil, un grupo de docentes de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga hemos implementado El Proyecto Integrador, una práctica profesionalizante que vincula a estudiantes de diferentes cursos en roles específicos de la industria de la construcción, que enfrentan interdisciplinariamente el reto de diseñar y ejecutar una obra civil en la universidad. El ejercicio de esta última versión del Proyecto Integrador ha entregado como resultado apreciaciones muy profundas sobre la relación que existe entre el diseño, la construcción y el control, y sobre cómo los roles que tienen los estudiantes y su nivel de compromiso son una pieza clave para el éxito del proyecto. El presente documento recopila la descripción de los alcances de las obras, los métodos constructivos, los mecanismos de planeación y control y los procesos administrativos del Proyecto Integrador 2018 "Por Nuestra Memoria Descriptiva", el cual fue ejecutado en el laboratorio de

construcciones de la Universidad, y expone los aprendizajes resultantes de los retos técnicos y administrativos que enfrentaron los estudiantes durante las etapas de diseño y construcción.

**Palabras clave:** proyecto integrador; construcción; AOP; ingeniería civil

### **Abstract**

*To build a construction project is a complex exercise, on wish methodic production planning is needed. The Civil Engineer is responsible of making decisions and assumptions about the construction methods, project cost, activities time and performance, production logistics, and every technical and managerial aspect, that should latter be reflected on the construction stage of the project. To be accurate in the definition of the construction stage from the initial planning stages results in economic benefit for the project owners, quality of the finished product, and in safety and quality of the work site for the workers. In order to train students in fundamental aspects of knowing, doing, and knowing how to be a civil engineer, a group of teachers from the Civil Engineering Faculty of the Pontificia Bolivariana University, sectional Bucaramanga have implemented The Integrator Project, a professional practice that links students from different courses in specific roles of the construction industry, who interdisciplinarily face the challenge of designing and executing a civil engineering project in the university. The latest version of the Integrator Project resulted in deep insights about the relationship that exists between design, construction and control, and about how the roles that students have and their level of commitment are a key element for the success of the project. This document compiles the description of the works scope, the construction methods, the planning and control mechanisms and the administrative processes of the 2018 Integrator Project "By Our Descriptive Memory", which was executed in the University's construction laboratory, and exposes the lessons learned from the technical and administrative challenges faced by students during the design and construction stages.*

**Keywords:** integrator project; construction; POL; civil engineering

## **1. Introducción**

Educar en ingeniería es un reto. Existe una percepción común entre los recién egresados de Ingeniería Civil de una brecha entre las experiencias educativas y los retos profesionales a los que se enfrenta el profesional en los proyectos y obras civiles. Esta brecha tiene origen en la dificultad de recrear los escenarios del entorno profesional en la academia, más allá de los cursos en los que se enseñan los fundamentos teóricos de la profesión.

Como respuesta a esta problemática, un grupo de profesores de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, hemos planteado una propuesta que busca poner en manos de los estudiantes la planeación y ejecución de un proyecto de obra civil, con la finalidad de recrear en el entorno académico las estructuras organizacionales, los actores naturales y jurídicos, los roles, las responsabilidades y los retos a los que se enfrentan los ingenieros en la vida real (Remolina Millán, 2017). El presente documento se enfoca principalmente en exponer los alcances,

los métodos constructivos, los mecanismos de planeación y control, los procesos administrativos y las principales lecciones aprendidas del “proyecto integrador 2018, por nuestra memoria descriptiva”.

## **2. Aprendizaje orientado en proyectos (AOP)**

Diversos autores han estudiado la necesidad de formar en el Ingeniero aptitudes que van más allá de las habilidades técnicas propias de la profesión; además el ingeniero debe estar en capacidad de interpretar los problemas de su entorno social, comercial y ambiental, y de interactuar efectivamente en grupos interdisciplinarios (LANG, 1999), (Buckeridge, 2000) (Nguyen, 1998).

En este sentido, el aprendizaje orientado a proyectos (AOP) permite a los estudiantes aplicar los conocimientos teóricos adquiridos en clase en situaciones reales que requieren de la interacción entre diferentes roles y perfiles, lo que permite adquirir competencias para trabajar en equipos interdisciplinarios, resolver problemas, comunicarse de manera efectiva, tomar decisiones y adquirir una visión más profunda sobre las implicaciones de su profesión en la sociedad (Salazar Estrada JG, 2018).

## **3. Alcances del proyecto integrador 2018**

En la versión 2018 del proyecto integrador se buscó dejar una obra a largo plazo dentro de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga. El resultado de este esfuerzo se llamó “Proyecto Integrador 2018, por nuestra memoria descriptiva”, y considera la ejecución de tres actividades de construcción; i) instalación de frisos impermeabilizados, ii) prefabricación e instalación de alfajías, y iii) construcción de un mosaico temático con enchapes.

Parte del reto del proyecto Integrador 2018 consistió en organizar el trabajo de 350 estudiantes de los últimos semestres de Ingeniería Civil inscritos en los cursos de Evaluación de Proyectos, Interventoría de Obras, Programación y Presupuestos, Residencia en Construcción de Edificaciones, y Construcciones. Los docentes vinculados a estos cursos tomaron el rol de Promotores del Proyecto, con la responsabilidad de definir los alcances y de hacer la supervisión general del mismo.

Los estudiantes fueron organizados en diez (10) grupos de trabajo conformados cada uno por Gerentes, Diseñadores, Residentes de Obra, Interventores y Constructores. A su vez, cada uno de estos grupos tenía designado un líder que actuaba como representante de su equipo, y se designó un estudiante como Gerente General responsable de la totalidad del proyecto.

A su vez, las obras se dividieron en 2 sectores de trabajo, conformados por 5 tramos cada uno. Para cada uno de estos tramos se asignó un grupo de trabajo. En la Figura 1 se observa la distribución inicial de dichos tramos de trabajo.

Figura 1: Distribución original de las obras, Proyecto Integrador 2018, Por Nuestra Memoria Descriptiva.



Los trabajos planeados se ejecutaron sobre los muros perimetrales del laboratorio de construcciones de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, con la finalidad de embellecer el laboratorio y dejar obras representativas de nuestra historia como facultad y como institución educativa.

La totalidad de los trabajos se dividió en dos etapas, la primera de definición del proyecto en el que se elaboraron los diseños y especificaciones, y la segunda de ejecución y seguimiento de las obras.

### 3.1. Frisos impermeabilizados

Consistió en la ejecución de friso impermeabilizado en las caras posteriores de los muros perimetrales del laboratorio de construcción. El objetivo de esta actividad es la aplicación del acabado liso sobre la superficie posterior de la mampostería y evitar así la aparición de humedades en el muro perimetral del laboratorio.

Esta actividad incluye las tareas de preparación aplicación y nivelación a plomada del pañete impermeabilizado en la cara posterior de los muros.

### 3.2. Alfajías

Consiste en la prefabricación e instalación de las alfajías sobre los muros perimetrales del laboratorio. El objetivo de esta actividad es proteger los acabados de friso y enchape del muro de los efectos del agua que puede filtrarse por la cara superior del muro.

Para esta actividad, los estudiantes construyeron los moldes en madera, fundieron las alfajías en concreto, y posteriormente izaron e instalaron dichos elementos sobre los muros perimetrales. La Figura 2 muestra los procesos de instalación de frisos y de prefabricación de las alfajías.

Figura 2: Izquierda, Instalación de frisos impermeabilizados. Derecha, prefabricación de alfajías



### 3.3. Mosaicos en enchape.

Esta actividad consiste en la construcción de mosaicos artísticos con enchape, de acuerdo con los diseños entregados por el equipo de promotores del proyecto (personal docente). Para cada tramo se definió un diseño específico que los estudiantes deberían ejecutar, apoyados en su equipo de trabajo, y en coordinación con los equipos de los tramos contiguos. Esta actividad tiene por finalidad embellecer el laboratorio de construcciones con mosaicos representativos de la historia de la Universidad y de la Facultad de Ingeniería Civil.

Para la ejecución de esta actividad los estudiantes debieron trazar la cimbra correspondiente en los muros, y cortar y pegar el enchape para obtener el resultado planeado.

Figura 3: Instalación de mosaicos de enchape



### 3.4. Gestión Administrativa

Los diferentes grupos que se conformaron adquirieron responsabilidades respecto de la gestión y ejecución del proyecto integrador, de acuerdo con el rol asignado. A continuación, se especifican las responsabilidades administrativas de cada uno de los roles de trabajo.

- **Rol de Gerencia:** Elaborar y ejecutar el Plan de Gestión del Proyecto, de acuerdo con las diez (10) áreas de gestión propuestas por el Project Management Institute (Project Management Institute, 2013). Elaboración de informes de gerencia
- **Rol de Interventoría:** Revisar los diseños y especificaciones elaborados en la etapa de planeación. Elaborar el Plan e informes de interventoría técnica y administrativa para la etapa de ejecución.
- **Rol de Estudios y Diseños:** Definir las especificaciones técnicas y diseños detallados del proyecto. Elaborar los análisis de precios unitarios, presupuesto y programación. Hacer seguimiento al Valor Ganado (planeado vs Ejecutado) y Analizar rendimientos y desperdicios durante la etapa de ejecución
- **Rol de Residencia de Obra:** Administrar la ejecución de la obra, asegurar la disponibilidad de recursos, controlar el avance de obra, ejecutar y controlar el presupuesto, la programación y las actividades de construcción, garantizar la seguridad industrial. Apoyar la adquisición de información y el análisis de Valor Ganado (planeado vs Ejecutado)
- **Rol de construcción:** Apoyar en el análisis de normas técnicas, definición de especificaciones, y cálculo de cantidades de obra. Responsables de la construcción de los entregables del proyecto.

## 4. Lecciones aprendidas y experiencias en diseño y construcción

El proceso de planeación y ejecución de las obras dejó una serie de lecciones aprendidas, evidenciadas en los informes técnicos de cada uno de los equipos de trabajo, y demás mecanismos de evaluación aplicados en el proyecto. A continuación, se presentan los hallazgos más relevantes de este ejercicio.

### 4.1. Relación diseño construcción

- **Importancia de plantear las soluciones de ingeniería que satisfagan las expectativas de los interesados del proyecto:** El planteamiento original de la distribución de los mosaicos en los sectores 1 y 2 del proyecto cambió como consecuencia del ejercicio de diseño de detalle. Para el caso, se redistribuyeron los diseños planteados por los promotores de manera que todos quedarán fácilmente visibles. Es importante resaltar el rol del ingeniero y demás profesionales vinculados en el proceso de planeación, de lograr diseños y especificaciones que satisfagan eficaz y eficientemente las expectativas de los interesados del proyecto.

- **Importancia de la experiencia en campo para planear:** Las diferencias identificadas por los equipos de trabajo encargados de planear y posteriormente controlar el avance de la obra evidencian la distancia que existe entre la aproximación teórica a los procesos productivos y el ejercicio práctico de la ejecución de proyectos. En este sentido, se hace clara la importancia de la experiencia de campo como insumo para la planeación detallada de la logística de producción, los tiempos, los costos y los recursos de cada proyecto.
- **Adaptabilidad de los planes a las condiciones del entorno.** Los proyectos de ingeniería tienen características productivas particulares que obligan al ingeniero a adaptarse las condiciones geográficas, el clima, la disponibilidad de insumos o equipos, entre otras condiciones del entorno. Esta condición se mantiene durante la ejecución del proyecto debido a la necesidad de dar solución a los problemas técnicos e imprevistos que surgen durante la ejecución del mismo.

#### 4.2. Métodos constructivos

- **Aprendizajes en metodologías constructivas:** Mediante la aplicación del proyecto integrador, los estudiantes aplican los procedimientos productivos que han visto en las clases. Esto les permite dimensionar adecuadamente el nivel de esfuerzo que requiere la ejecución de la obra. Esto se traduce no solo en mejores estimaciones en la planeación de tiempos y duraciones y en habilidades prácticas para la administración de proyectos, sino que además permite al ingeniero tener una visión más humana de las consecuencias que tienen las decisiones administrativas sobre el personal que se encuentra en los frentes de trabajo.
- **Aprendizajes respecto a diferentes alternativas de producción:** El proyecto integrador permitió presentar a los estudiantes los procesos productivos de entregables cuyas actividades se deben ejecutar en el sitio de trabajo, y de entregables que pueden ser prefabricados, bien sea in situ o en planta de producción.

#### 4.3. Procesos administrativos

- **Control del avance del proyecto:** Para efectos de control del proyecto los estudiantes aplicaron herramientas de control afines a las utilizadas en la industria. Se implementó el uso de curvas S de acuerdo con la metodología de valor ganado (Project Management Institute, 2013), medición de rendimientos y desviaciones en cantidades de obra y el uso de documentación obra como bitácoras, actas, informes de avance, memorandos, y contratos.
- **Relevancia de la calidad de las relaciones interpersonales.** Los mejores resultados en términos de rendimiento y calidad del entregable final resultan ser de aquellos grupos en los que los diferentes miembros y roles supieron mantener buenas relaciones personales y una actitud positiva y proactiva ante los retos que implicó la ejecución del proyecto. Esto sugiere una correlación entre la productividad laboral y la calidad del clima y la cultura organizacional Salazar Estrada JG, Guerrero Pupo JC, Machado Rodríguez YB, Cañedo Andalia R. (Salazar Estrada JG, 2018)

- **Relación entre el liderazgo del personal docente y el éxito del proyecto.** La respuesta del grupo de estudiantes depende en gran medida del liderazgo y los incentivos que manejan los docentes desde su rol de promotores del proyecto. Es necesario el apoyo por parte de los docentes en la solución de inquietudes, y el manejo de criterios unificados para medir el desempeño de los estudiantes.

## 5. Conclusiones

- Mediante la aplicación del Aprendizaje Orientado a Proyectos es viable recrear escenarios muy cercanos a la realidad del ejercicio profesional que enfrenta el Ingeniero Civil en entornos académicos controlados de mínimo riesgo. De esta manera, se refuerzan los aprendizajes teóricos, el saber hacer y el saber ser Ingeniero Civil.
- Las soluciones a los problemas técnicos propios de los proyectos de ingeniería solo son posibles mediante la gestión de los conocimientos y habilidades de los profesionales que integran los equipos de trabajo interdisciplinarios. La calidad del entorno laboral es tan importante como los conocimientos técnicos, por lo que es fundamental reforzar mediante el trabajo en equipo las habilidades sociales que requiere el estudiante de ingeniería civil para ser exitoso en su profesión.
- Es de importancia fundamental la formación en valores. El respeto, la curiosidad, la habilidad de aprender autónomamente, la capacidad de ser creativo, el trato justo con los demás, la capacidad de compartir, la resiliencia y la capacidad de perseverar, son valores fundamentales que se deben reforzar en todos los niveles de la educación. Este tipo de experiencias le dan al estudiante una visión de su rol social como ingeniero, y de la importancia de su ética ante los compromisos y los retos de su profesión, lo que implica madurez y desarrollo de la personalidad.

## 6. Referencias

- Buckeridge, J. (2000). A Y2K Imperative: the Globalisation of Engineering Education. *Global Journal of Engineering Education Vol.4, No.1, 19-24.*
- LANG, J. D. (1999). Industry Expectations of New Engineers: A Survey to Assist Curriculum Designers. *Journal of Engineering Education, 43-51.*
- Nguyen, D. Q. (1998). The essential skills and attributes of an engineering: a comparative study of academics, industry personnel and engineering students. *Global Journal of Engineering Education, 65-75.*
- Project Management Institute, I. (2013). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos - Quinta edición.* Newtown Square, Pensilvania 19073-3299 EE.UU.: PMI Publications.
- Remolina Millán, A. B. (2017). PROYECTO INTEGRADOR COMO ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA - APRENDIZAJE DEL AREA DE LA CONSTRUCCION EN INGENIERIA CIVIL. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería EIEI-ACOFI 2017.* ISBN 978-958-680-080-8.

- Salazar Estrada JG, G. P. (20 de 06 de 2018). *Clima y cultura organizacional: dos componentes esenciales en la productividad laboral*. Obtenido de Acimed. 2009;20(4).: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1024-94352009001000004](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352009001000004)

### Sobre los autores

- **Diego Leandro Blanco Muñoz:** Ingeniero Civil Universidad Industrial de Santander (UIS), Magister en Ingeniería civil de la Universidad de Los Andes (UNIANDES), Magister en Finanzas de la Universidad de Los Andes (UNIANDES). Profesor Asistente UPB. [diegol.blancom@upb.edu.co](mailto:diegol.blancom@upb.edu.co)
- **Jorge Mauricio Ramírez Velásquez:** Ingeniero Civil y Especialista en Ingeniería Ambiental (UIS), Magister en Ingeniería civil de la Universidad de Burdeos. Profesor Asistente UPB. [jorge.ramirezv@upb.edu.co](mailto:jorge.ramirezv@upb.edu.co)
- **Jhon Alexis Castellanos Reyes:** Ingeniero Civil Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, Magister en Ingeniería Civil de la Universidad Javeriana, Especialista en Gestión de Proyectos de la Universidad del Rosario. [jhon.castellanos@upb.edu.co](mailto:jhon.castellanos@upb.edu.co)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2018 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)