

- ❑ **Evaluación de la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Ubaté.**
- ❑ **Ubicación de zonas de congestión en redes eléctricas aplicando teoría de grafos y precios marginales nodales.**
- ❑ **Organizational antecedents and capabilities and their effects on firm competitiveness of sustainable supply chain management: An empirical evaluation in a developing economy.**
- ❑ **Retroanálisis de las deformaciones obtenidas en estructuras de contención instrumentadas.**
- ❑ **Rol de la mujer en la gerencia de proyectos en Bogotá.**
- ❑ **El tren de cercanías Bogotá-Zipacquirá: requisito para el desarrollo regional.**
- ❑ **Los principios de gestión de la calidad y el desempeño de las organizaciones al implementar un sistema de gestión de la calidad.**
- ❑ **Guiarse a través de un territorio: conversaciones sobre educación en Colombia.**



## CONSEJO DIRECTIVO DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA

**PRESIDENTE** RICARDO RINCÓN HERNÁNDEZ

**VOCALES** LUIS GUILLERMO AYCARDI BARRERO  
SANDRA XIMENA CAMPAGNOLI MARTÍNEZ  
MANUEL GARCÍA LÓPEZ  
MARÍA DEL ROSARIO MONTEJO PERRY  
ARMANDO PALOMINO INFANTE  
RICARDO QUINTANA SIGHINOLFI  
HÉCTOR ALFONSO RODRÍGUEZ DÍAZ  
GERMÁN RICARDO SANTOS GRANADOS  
HENRY MORENO MOSQUERA  
(representante de los profesores)  
NATALIA SALAMANCA CEBALLOS  
(representante de los estudiantes)

**RECTORA** MYRIAM ASTRID ANGARITA GÓMEZ

**SECRETARIO** RICARDO ALFREDO LÓPEZ CUALLA

## REVISTA DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA

**DIRECTOR** JAIRO ALBERTO ROMERO ROJAS

**COMITÉ EDITORIAL** CLAUDIA JEANNETH RÍOS REYES  
PAULA XIMENA RÍOS REYES  
HÉCTOR ALFONSO RODRÍGUEZ DÍAZ  
GERMÁN RICARDO SANTOS GRANADOS

**DIRECCIÓN EDITORIAL** CRISTINA SALAZAR PERDOMO

**EDICIÓN** **DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN**  
JORGE CAÑAS SEPÚLVEDA  
**CORRECCIÓN DE ESTILO**  
ELKIN RIVERA GÓMEZ  
**TRADUCCIÓN Y CORRECCIÓN DE ESTILO EN INGLÉS**  
DAVID PEÑA CITA

**DIRECCIÓN COMERCIAL** EDITORIAL ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA

Versión digital disponible en <http://www.escuelaing.edu.co/revista.htm>

AUTOPISTA NORTE AK 45 N.º 205-59  
TEL.: (57-1) 668 3600, EXT. 533  
[revista@escuelaing.edu.co](mailto:revista@escuelaing.edu.co)  
BOGOTÁ, D.C., COLOMBIA

LA ESCUELA Y LA REVISTA NO SON RESPONSABLES DE LAS IDEAS Y CONCEPTOS EMITIDOS POR LOS AUTORES DE LOS TRABAJOS PUBLICADOS. SE AUTORIZA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE LOS ARTÍCULOS DE LA REVISTA SI SE CITAN LA FUENTE Y EL AUTOR.

## 5 / EDITORIAL

### Los nuevos indicadores de calidad de la educación universitaria

*Jairo Alberto Romero Rojas*

## 7-13

### Evaluación de la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Ubaté

*Milton Mauricio Espitia Falla - Jairo Alberto Romero Rojas*

En 1991 se termina la construcción de la planta y se da su puesta en marcha en convenio entre la Universidad de los Andes y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). En la actualidad, se evidencia baja remoción en el tratamiento, por lo que se evalúan las características de diseño, operación, eficiencias y costos de operación, para establecer criterios técnicos que permitan identificar las posibles falencias.

## 15-21

### Ubicación de zonas de congestión en redes eléctricas aplicando teoría de grafos y precios marginales nodales

*Iván C. Durán - Paola A. Mora*

En el artículo se propone una metodología que aprovecha la caracterización topológica de las interconexiones en una red de transmisión, como red de mercado eléctrico, para identificar las líneas de separación entre nodos. Esta metodología es una herramienta útil para que reguladores del sistema de potencia puedan identificar zonas con problemas de estabilidad a causa de la variación de los LMP entre nodos.

## 23-29

### Organizational antecedents and capabilities and their effects on firm competitiveness of sustainable supply chain management: An empirical evaluation in a developing economy

*Jairo Raúl Chacón-Vargas - Carlos Eduardo Moreno-Mantilla*

Drawing from the Resource-Based View and Stakeholder theories, this article aims to empirically evaluate the relationship between organizational antecedents, firm capabilities for Sustainable Supply Chain Management (SSCM), and the latter's effects on competitive advantage for a group of 126 focal firms in the city of Bogotá, Colombia. A mixed methods research design was followed. A self-administered (online) questionnaire was sent to a convenience sample of firms.

## 31-38

### Retroanálisis de las deformaciones obtenidas en estructuras de contención instrumentadas

*Édison Ferney Garzón Montaña*

En este artículo se hace un retroanálisis de las deformaciones obtenidas con inclinómetros y las calculadas con el programa Phase; además, se comparan las presiones de tierras obtenidas con métodos clásicos y el análisis numérico. Este procedimiento permitió contrastar los parámetros de resistencia del retroanálisis, con valores de referencia de la arcilla lacustre de Bogotá y los del estudio geotécnico del caso de estudio.

## 39-46

### **Rol de la mujer en la gerencia de proyectos en Bogotá**

*Mayra Lorena Vivas Rivera - Germán Eduardo Giraldo González - César Augusto Leal Coronado*

En este artículo se presenta información exploratoria acerca del perfil y otros aspectos relevantes del rol de la mujer en la gerencia de proyectos en Bogotá. En primer lugar, se señala la importancia de la gerencia de proyectos en las organizaciones y la incidencia del género en el desempeño del cargo. Posteriormente, mediante la aplicación de cuestionarios estructurados, se muestran los resultados de entrevistas a mujeres gerentes de proyectos pertenecientes a varios sectores y sus jefes directos.

## 47-64

### **El tren de cercanías Bogotá-Zipacquirá: requisito para el desarrollo regional**

*José Gonzalo Ríos Marín*

La ciudad capital de la república, centro de producción y consumo, y la sabana de Bogotá, reserva territorial en desarrollo, se proyectan a corto plazo como un emporio de la producción industrial del país con diversidad de industrias que pretenden montarse para consumo nacional, con expectativas en el mercado internacional. En esta perspectiva, hay que tener presente que el transporte es un componente de vital importancia como soporte de la dinámica del desarrollo económico y social de la región.

## 65-82

### **Los principios de gestión de la calidad y el desempeño de las organizaciones al implementar un sistema de gestión de la calidad**

*Mye Santiago Daza - Daniela Alejandra Ortiz Téllez - Paola Alexandra Orjuela Díaz - Juan Sebastián Rincón Mafla - Luz Angélica Rodríguez Bello*

En este artículo se revisa la literatura científica de las investigaciones existentes sobre la aplicación de los principios de gestión de la calidad (PGC) y su impacto como factores de éxito en la implementación del sistema de gestión de la calidad en diversos sectores de servicios y manufactura (agrario, alimenticio, comercial, de la construcción, electrónico, farmacéutico, financiero, hotelero, minero, textil, de la salud, entre otros), que se publicaron en bases de datos multidisciplinarias de revistas académicas y colecciones de revistas latinoamericanas.

## 83-89

### **Guiarse a través de un territorio: conversaciones sobre educación en Colombia**

*Alfonso Meléndez Acuña - Felipe Rodríguez Gómez*

El siguiente artículo se dividió por letras de la A a la F y puede leerse de diferentes maneras, en distinto orden. Cada letra representa un momento de encuentro y discusión a lo largo de este año y permite al lector articular su lectura en forma autónoma. Los temas que hay que tratar, sumados a la interpretación e imaginación del lector, hacen que para la lectura de este artículo no haya un solo camino.

## 91 / ALCANCE Y POLÍTICAS



# Editorial

## Los nuevos indicadores de calidad de la educación universitaria

**JAIRO ALBERTO ROMERO ROJAS**

Director de la *Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería*

jairo.romero@escuelaing.edu.co

En la actualidad, se piensa que la calidad o acreditación de una institución universitaria es producto del número de docentes con doctorado, de la cantidad de investigaciones cuyos resultados aparecen en artículos publicados en revistas indexadas y de la inexistencia de la deserción estudiantil.

Lamentablemente, esta creencia generalizada desvalora la formación de profesionales con capacidad de resolver los problemas propios de su ejercicio profesional y sobrevalora la formación de investigadores, es decir, de doctores.

Por experiencia personal, primero como estudiante de ingeniería, posteriormente como consultor privado independiente y con vínculo laboral, y luego como docente durante mi vida profesional, soy probablemente un presumido al afirmar que la enseñanza debe dedicarse a formar un profesional con plena capacidad de conocer, entender y saber resolver los problemas que se le presenten en la práctica de su profesión.

El mejoramiento permanente del aprendizaje de la física, la matemática, las ciencias básicas y aplicadas de la ingeniería por parte del estudiante no es fruto del número de doctores ni de la publicación de artículos en revistas indexadas, escritos por los docentes de su alma máter.

La mejor enseñanza es aquella que motiva a aprender, y por eso estoy convencido de que los mejores

docentes son aquellos que nunca se cansan de aprender ni de verificar el nivel de aprendizaje de sus estudiantes con cierta exigencia.

La acreditación de una institución se da por la calidad de sus productos; los egresados de una facultad de ingeniería acreditan su alma máter con las realizaciones que el cumplimiento de su deber profesional les obliga a ofrecer, para lo cual requieren haber recibido una enseñanza práctica y teórica de quienes han demostrado tener el conocimiento o la experiencia de haberlas ejecutado.

La comparación cualitativa actual entre instituciones universitarias, con base en los indicadores mencionados, no es representativa de la calidad de la formación de un egresado obligado a cumplir con el deber de brindar una solución adecuada a los problemas inherentes a su desempeño profesional y a demostrar realizaciones concretas que ayuden a resolverlos.

Comparar instituciones cuyo presupuesto por estudiante es de decenas de millones con otras universidades apenas en el rango de los millones es realmente injusto, inequitativo y no debe ser criterio de evaluación.

La acreditación de una institución universitaria la da la calidad de las obras realizadas por sus graduados, así como un desempeño social y humano responsable, que garantice el cumplimiento de sus deberes profesionales.



# Evaluación de la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Ubaté

## Operation assessment of the wastewater treatment plant in the municipality of Ubaté

MILTON MAURICIO ESPITIA FALLA<sup>1</sup> - JAIRO ALBERTO ROMERO ROJAS<sup>2</sup>

1. Magíster en Ingeniería Civil de la Escuela Colombiana de Ingeniería.

2. Ingeniero civil. MEEE. Profesor titular de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

mmauricioe@hotmail.com - jairo.romero@escuelaing.edu.co

Recibido: 25/09/2016 Aceptado: 10/10/2016

Disponible en <http://www.escuelaing.edu.co/revista.htm>

### Resumen

Los estudios y diseños de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del municipio de Ubaté se inician en el año 1988. En 1991 se termina la construcción de la planta y se da su puesta en marcha en convenio entre la Universidad de los Andes y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). En la actualidad, se evidencia baja remoción en el tratamiento, por lo que se evalúan las características de diseño, operación, eficiencias y costos de operación, para establecer criterios técnicos que permitan identificar las posibles falencias.

**Palabras claves:** planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), remoción, afluente, efluente, caudal de diseño, reactores anaerobios de flujo pistón (RAP).

### Abstract

Studies and designs from the Wastewater Treatment Plant (WWTP) in the municipality of Ubaté started in 1988. In 1991 the construction is completed and its implementation began in association between Universidad de los Andes and Corporación Regional de Cundinamarca (CAR). Currently, low removal is evidenced in the treatment, therefore, to establish technical criteria to identify possible shortcomings, characteristics of design, operation, operating efficiencies, and costs are evaluated.

**Keywords:** Wastewater Treatment Plant (WWTP), removal, affluent, effluent, design flow, Plugflow Anaerobic Sludge Blanket.

## INTRODUCCIÓN

El municipio de Ubaté desde hace más de 20 años cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), diseñada con una proyección al 2010, por lo que se considera que en la actualidad requiere ampliación de su capacidad. En este artículo se presentan los resultados de la evaluación de la operación de la PTAR del municipio de Ubaté, a partir de la información disponible para el periodo de octubre de 2011 - agosto de 2012, objetivo propuesto para su elaboración.

Este artículo se fundamenta en las condiciones de diseño para la PTAR del municipio de Ubaté, por lo que se establecen los parámetros que se tuvieron en cuenta para su funcionamiento, con el fin de evaluar su efectividad en el tratamiento.

## CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO DE LA PTAR DE UBATÉ

### Línea de procesos de la PTAR

La PTAR se encuentra ubicada al noreste de la cabecera municipal, vía a Lenguazaque, en el predio Novilleros,

dos kilómetros al este del casco urbano; el agua tratada por la planta es vertida al río Suta. La información sobre la PTAR la suministró la Oficina de Servicios Públicos del municipio de Ubaté. El diagrama de flujo de la PTAR se ilustra más adelante (figura 1).

La planta cuenta con seis componentes principales: una estación de bombeo, dos desarenadores, un tanque de homogeneización, cuatro reactores anaerobios, cuatro sedimentadores y cuatro lechos de secado.

La PTAR se diseñó para 45 L/s y una población no superior a 18.000 habitantes; sin embargo, actualmente cuenta con más de 28.000 usuarios, incluyendo el sector industrial, motivo por el cual no trata la totalidad del caudal y debe trabajar a su máxima capacidad.

### PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA PTAR DE UBATÉ

En la página siguiente se presentan las características de la PTAR de Ubaté, relacionando los valores de diseño y los criterios de cumplimiento según el RAS 2000 y otros autores (tabla 1).

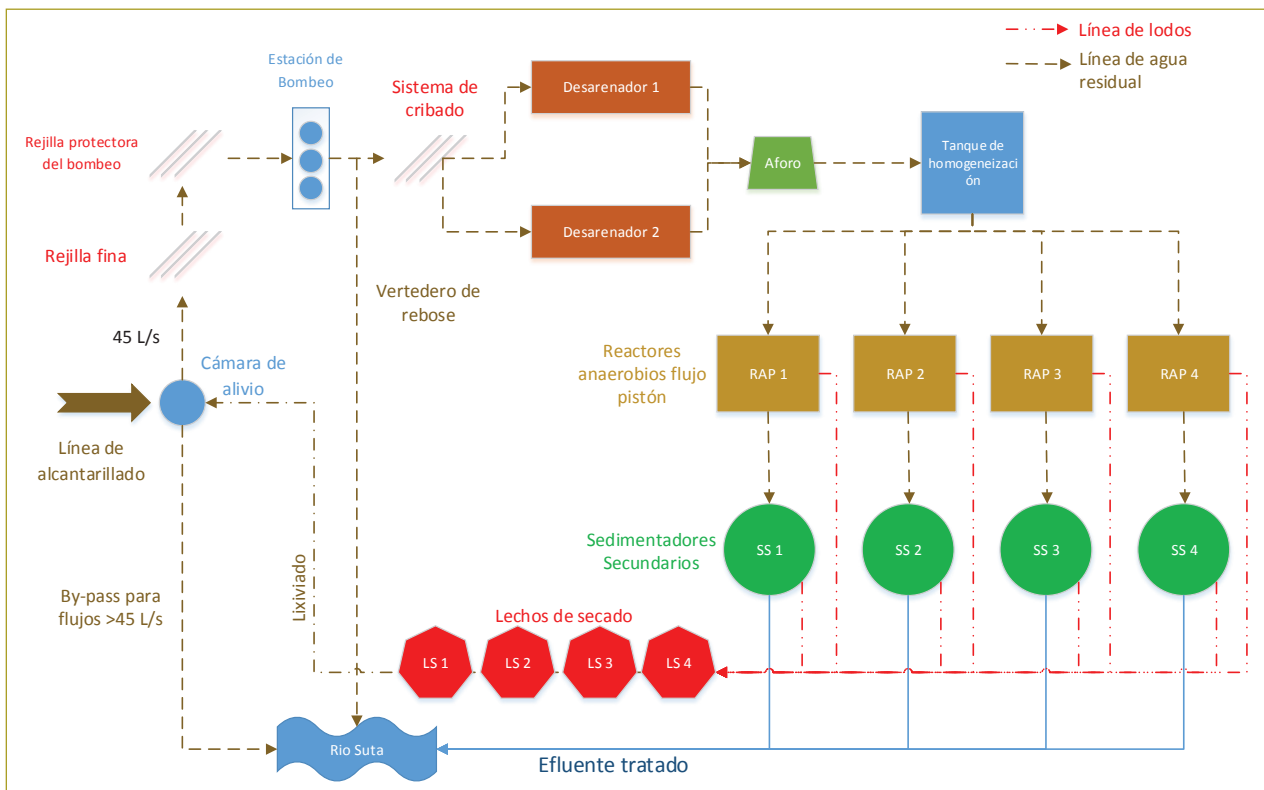


Figura 1. Diagrama de flujo de la PTAR Ubaté.



**Tabla 1**  
Características de la PTAR de Ubaté

Unidad	Parámetro	Valor de diseño	Criterio RAS 2000, Metcalf & Eddy (1995) o Romero (2012)	Cumple	Observaciones
Cámara de alivio	Caudal	3888 m <sup>3</sup> /d	<45 L/s	Sí	De acuerdo con los aforos, la planta, en el 95 % de su operación, trata caudales superiores a 45 L/s.
Sistema de bombeo	Caudal	38 L/s cada bomba	22,5 - 38 L/s	Sí	Dos bombas en funcionamiento dan 76 L/s en promedio.
	Unidades	3 bombas sumergibles	2 bombas sumergibles	Sí	Se usa sistema 2+1.
Cribado	Espaciamiento	5 cm	1,5 - 5 cm	Sí	Para limpieza manual.
	Velocidad entre rejas	0,38 m/s	0,3 - 0,6 m/s	Sí	Para limpieza manual.
	Inclinación	45° con la vertical	30 - 45°	Sí	Para limpieza manual (Metcalf & Eddy, 1995)
Desarenador	Unidades	2 módulos	Mínimo 2	Sí	Funcionamiento 1 + 1.
	Velocidad de sedimentación	762 m/d	700 - 1600 m/d	Sí	El caudal de entrada es regulado a menos de 60 L/s. En promedio, son 45 - 55 L/s. Los cálculos se hacen a 60 L/s.
	Velocidad horizontal	0,17 m/s	0,2 - 0,4 m/s	Sí	
	Tiempo de retención hidráulico	50 s	20 s - 1 min	Sí	
	Relación ancho: profundidad	1,14:1	1:1 - 5:1	Sí	
	Relación largo: ancho	10,6:1	2,5:1 - 5:1	No	
Caudal	60 L/s máximo	NA	NA		
Tanque de igualación	Unidades	1 módulo	1 módulo	Sí	Cuenta con compuertas para el control de caudales que se van a distribuir a los RAP.
	Caudal	60 L/s máximo	NA	NA	La distribución de caudal puede generar zonas muertas.
RAP	Caudal promedio	11,25 L/s cada uno. Total: 45 L/s	NA	NA	
	Temperatura ambiente	10 - 14 °C	>15 °C	No	El documento de la Secretaría de Servicios Públicos de la Alcaldía indica un diseño a 6,5 °C.
	Separador de gases	No existe	Se recomienda plástico	NA	No es requisito, pero se debe tener en cuenta.
	Profundidad	2,95 m	2,7 m	Sí	
	Tiempo de retención	11 - 15 horas	9 - 10 h a 15°	Sí	
	Carga orgánica	2356 kg DBO/d	NA	NA	Representa afluente con 606 g DBO/m <sup>3</sup> .
	Carga volumétrica	970 g/m <sup>3</sup> d	NA	NA	Adecuada para proceso anaerobio.
	Volumen	2436 m <sup>3</sup>	NA	NA	
	Velocidad de flujo	3 m/h	3 m/h	Sí	Preferible < 2 m/h para evitar pérdida de biomasa.

Fuente: Conhydra y comprobación en campo.

**Tabla 1**  
Características de la PTAR de Ubaté (continuación)

Sedimentador	Caudal	11,25 L/s cada uno. Total: 45 L/s	<11,25	Sí	
	Volumen	174 m <sup>3</sup> cada uno	NA	NA	
	Tiempo de retención	4,3 h	1,5 - 2,5 h	Sí	Romero (2012, p. 640).
	Velocidad de sedimentación a Q <sub>max</sub>	22 m/d	24 m/d	Sí	Cumple.
	Carga superficial	16,2 m/d	24 m/d	Sí	Romero (2012, p. 644).
	Profundidad	2,5 m	2,7 m	Sí	
	Carga de sólidos	110 kg/d*m <sup>2</sup>	23 - 164 kg/d*m <sup>2</sup>	Sí	Romero (2012, p. 644).
	Carga sobre el vertedero	1,7 l/s*m	1,4 - 5,7 L/s*m	Sí	Romero (2012, p. 640).
Lechos de secado	Caudal de lodos	5,2 m <sup>3</sup> /d	19,6 m <sup>3</sup> /d	No	Romero (2012, p. 759) 70 % de remoción de SST y 4 % de sólidos en lodo (tabla 26.2).
	Producción de lodos	1 m <sup>3</sup> de lodo/1000 m <sup>3</sup> agua	1 m <sup>3</sup> lodo/198 m <sup>3</sup> agua tratada		Calculada de caudal de lodos.
	Altura de arena	0,1 m	0,3 a 0,46 m	No	
	Altura de grava inferior	0,3 m	0,2 a 0,46 m	Sí	
	Altura de grava superior	0,3	NA	NA	Capa de grava en la parte superior.
	Cubrimiento	No posee	Se recomienda cobertura o techo	NA	No es exigencia.
	Área por habitante	0,002 m <sup>2</sup> /hab	0,1 m <sup>2</sup> /hab	No	Romero (2012, p. 833).
	Área	36 m <sup>2</sup>	1800 m <sup>2</sup>	No	
	Carga de sólidos	7970 kg/año*m <sup>2</sup>	110 kg/año*m <sup>2</sup>	No	Romero (2012, p. 833).

Fuente: Conhydra y comprobación en campo.

Como se observa en la tabla anterior (tabla 1), los desarenadores cumplen los parámetros de diseño del RAS, aunque la velocidad horizontal es un poco menor que el rango estipulado. Las unidades de cribado cumplen con los parámetros de diseño del RAS 2000 y las limpiezas manuales se realizan sin problemas.

Aunque el tanque de homogeneización se diseñó inicialmente como una trampa de grasas, la limpieza y la operación no permiten que las grasas provenientes de la industria lechera puedan removerse en forma adecuada.

Los parámetros de diseño que cumplen con el RAS 2000 son el tiempo de retención, la profundidad y la velocidad de flujo entre los separadores. El sistema RAP se considera (Romero, 2012) favorable en temperaturas mayores de 15 °C, y las condiciones de Ubaté, con temperaturas de 6,5 °C, son desfavorables para dicho sistema.

Las cajas como soporte de microorganismos son una solución de bajo costo, pero es conveniente el cambio a materiales con mayor área superficial y menor

volumen, con el fin de propiciar mayor crecimiento de la población microbiana.

El sedimentador tiene un diseño que se ajusta a todos los parámetros del RAS 2000, aunque el tiempo de detención de 4,3 horas supere el sugerido de 1,5 a 2,5 horas.

En los parámetros de diseño de los lechos de secado y su comparación con el RAS 2000, se observa que la altura de la arena no es la recomendada para lechos convencionales de lodos. No necesita placa de salpicamiento, pero no posee cobertura o techo, indispensable para las condiciones pluviométricas de Ubaté.

### CONDICIONES DE OPERACIÓN

Las condiciones de operación actuales del sistema de tratamiento de aguas residuales de Ubaté se muestran a continuación (tabla 2). Hasta 2012, la empresa Conhydra realizó la operación, para lo cual se hicieron monitoreos mensuales y se registró la operación de cada unidad.

**Tabla 2**  
Condiciones de operación de la PTAR de Ubaté

Parámetro	Diseño	Operación	Observación
Población (habitantes)	18.000	28.000	Sobrecarga
Caudal de diseño (L/s)	45	45 -55	Sobrecarga
Caudal máximo (L/s)	60	55	Adecuado
DBO afluente (kg/día)	2356	1800 - 2700	Sobrecarga
DBO afluente (mg/L)	606	350 - 700	Sobrecarga
Eficiencia de remoción DBO (%)	86	25 - 64	Ineficiente
DQO afluente (kg/día)	7671	7000 - 8000	Sobrecarga
DQO afluente (mg/L)	1973	1500 - 2500	Sobrecarga
Eficiencia de remoción DQO (%)	86	30 - 60	Ineficiente
SST (kg/día)	1123	1200 - 2600	Sobrecarga
SST (mg/L)	289	300 - 680	Sobrecarga
Eficiencia de remoción SST (%)	70	60 - 80	Satisfactorio
GyA (kg/día)	575	550 - 600	Adecuado
GyA (mg/L)	148	120 - 180	Adecuado
Eficiencia de remoción GyA (%)	31	ND	ND

Fuente: Conhydra y comprobación en campo.

Como se puede observar, los valores de operación de la PTAR sobrepasan los de diseño en población, caudal, DBO, DQO, SST y grasas y aceites. Por otra parte, la remoción de DBO y DQO es insuficiente y sólo cumple satisfactoriamente en remoción de SST, sin conocerse la remoción en grasas y aceites; por tanto, la operación de la PTAR no cumple los requerimientos de eficiencia del Decreto 1594 de 1984.

Las bajas temperaturas y las bajas cargas de materia orgánica (alimento) predicen un metabolismo lento y de bajo crecimiento en los reactores anaerobios, lo que se traduce, probablemente, en los resultados pobres en remoción de  $DBO_5$  y DQO.

## CONCLUSIONES

- La PTAR analizada está constituida por una estación de bombeo, dos desarenadores, un tanque de homogeneización, cuatro reactores anaerobios flujo pistón (RAP), cuatro sedimentadores y cuatro lechos de secado.
- El diseño de la PTAR satisface los criterios formulados por el RAS 2000 para la cuantificación de este tipo de sistema de tratamiento.

- La información disponible analizada indica que la PTAR opera con caudales y cargas de DBO, DQO y SST superiores a los valores de diseño.
- Las eficiencias de tratamiento observadas en la PTAR son, en promedio:

$$DBO = 43 \pm 13 \%$$

$$DQO = 43 \pm 25 \%$$

$$SST = 63 \pm 15 \%$$

Los valores anteriores no satisfacen los requerimientos exigidos por la norma de vertimiento contemplada en el Decreto 1594 de 1984, del 80 % para DBO, DQO y SST.

- El agua residual afluente tiene caracterización de agua residual fuerte, con las siguientes características promedio:

$$DBO = 454 \pm 117 \text{ mg/L}$$

$$DQO = 650 \pm 168 \text{ mg/L}$$

$$SST = 485 \pm 114 \text{ mg/L}$$

$$pH = 6,9 \pm 0,5$$

- El agua residual tratada presenta las siguientes características promedio:

$$DBO = 251 \pm 61 \text{ mg/L}$$

$$DQO = 372 \pm 170 \text{ mg/L}$$

$$SST = 157 \pm 52 \text{ mg/L}$$

$$pH = 6,5 \pm 0,5$$

**Tabla 3**  
Evaluación de los procesos de la PTAR Ubaté

Unidad	Descripción
Cámara de alivio	Opera 24 h/d, alivia los caudales mayores de 45 L/s y los excesos son dirigidos directamente al río Suta. Se hace mantenimiento con dragado cada cinco años.
Bypass	Funciona 24 h/d. Se hace una limpieza dos veces al día.
Rejilla fina y cribado	Para las tres rejillas existentes se hace una limpieza dos veces al día con una escobilla especial, y se retira en forma manual el material atrapado.
Estación de bombeo	De las tres bombas existentes, sólo se operan dos, y queda una tercera en reserva para imprevistos o mantenimiento. Se hace una revisión periódica de cada máquina cada seis meses.
Vertedero de rebose	Está disponible 24 h/d. Se hace un mantenimiento preventivo cada seis meses.
Desarenador	Existen dos estructuras, de las cuales sólo opera una por día; la segunda se utiliza en caso de mantenimiento y limpieza. Se hace limpieza manual.
Tanque de homogeneización	Contiene cuatro vertederos con compuertas que permiten aislar de manera independiente las unidades de los RAP y sedimentadores.
Reactor anaerobio de flujo pistón (RAP)	Funciona las 24 h/d. Anualmente se hace mantenimiento y pueden salir de operación cada una de las unidades por separado, inhabilitadas desde el tanque homogeneizador, reduciendo la capacidad de la PTAR. El mantenimiento no implica lavar las canastas que contiene el RAP para evitar pérdida de la carga orgánica en el proceso de arranque.
Sedimentadores	Los cuatro sedimentadores operan 24 h/d. Anualmente se hace mantenimiento y pueden salir de operación cada una de las unidades por separado. Así mismo, los RAP también pueden salir de operación, por medio del juego de compuertas en el tanque homogeneizador, reduciendo la capacidad de la PTAR.
Lechos de secado	Posee cuatro compartimientos, los cuales se van cargando de lodos uno por uno. Una vez que se realice el proceso de secado, se recolectan los lodos y se disponen en relleno sanitario. El mantenimiento de cada compartimiento es semanal.

Fuente: Municipio de Ubaté (2012), Conhydra y comprobación en campo.

Los valores anteriores corresponden a un agua residual doméstica municipal, confirmando que el efluente no cumple normas de vertimiento y que la PTAR no satisface la eficiencia propuesta.

- La temperatura de operación de la PTAR, inferior a 15 °C, no es recomendable para el tratamiento anaerobio y confirma que el proceso depende, para su eficiencia, en gran proporción de la temperatura.
- Los costos de operación evaluados, \$74/m<sup>3</sup> y \$4461/hab.año, son costos mínimos de tratamiento y serían muy ventajosos al lograr las eficiencias requeridas.
- Se recomienda el control de caudal, pH, DBO, DQO, SSV, SST, grasas y aceites, alcalinidad, AV, temperatura, N amoniacal, sulfatos, sulfuros en el afluente, en el efluente y en el contenido del RAP, así

como de la producción de lodos y de los periodos de secado, para así determinar posibles cambios en la operación que permitan obtener los rendimientos esperados de una PTAR de tratamiento secundario.

### REFERENCIAS

- Alcaldía del Municipio de Ubaté (2012). Optimización de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Ubaté (Cundinamarca). Oficina de Servicios Públicos.
- Alcaldía del Municipio de Ubaté (2012). Planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Ubaté. Oficina de Servicios Públicos.
- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) (2004). Resolución 287 de 2004. Por la cual se establece la metodología tarifaria para regular el cálculo de los costos de prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado. Colombia.



Congreso de la República de Colombia (1984). Decreto 1594/84. Por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la Ley 09 de 1979, así como el capítulo II del título VI, parte III, libro II, y el título III de la parte III, libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.

Conhydra (2012). Informe de caracterización y operación de la PTAR Ubaté.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Resolución 2273.

Metcalf & Eddy (1995). *Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización* (3.ª ed.).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2012). Versión 4.0 del proyecto de resolución de vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y alcantarillado público.

Ministerio de Desarrollo Económico (2000). RAS. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. República de Colombia.

Romero, J. (2012). *Tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño* (3.ª ed.).

# Ubicación de zonas de congestión en redes eléctricas aplicando teoría de grafos y precios marginales nodales

## Location of congestion zones in electric networks applying graph theory and locational marginal pricing

IVÁN C. DURÁN<sup>1</sup> - PAOLA A. MORA<sup>2</sup>

1. Profesor asistente del programa de Ingeniería Eléctrica de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

2. Estudiante del programa de Ingeniería Eléctrica de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

ivan.duran@escuelaing.edu.co - paola.mora-m@mail.escuelaing.edu.co

Recibido: 25/09/2016 Aceptado: 15/10/2016

Disponible en <http://www.escuelaing.edu.co/revista.htm>

### Resumen

Los autores se enfocan en hallar la ubicación de las zonas de congestión en una red de transmisión, con base en su caracterización topológica por teoría de grafos y la información derivada de los precios marginales nodales (LMP, por su sigla en inglés). En el artículo se propone una metodología que aprovecha la caracterización topológica de las interconexiones en una red de transmisión, como red de mercado eléctrico, para identificar las líneas de separación entre nodos. Esta metodología es una herramienta útil para que reguladores del sistema de potencia puedan identificar zonas con problemas de estabilidad a causa de la variación de los LMP entre nodos.

**Palabras claves:** precios marginales nodales, teoría de grafos, zonas de congestión, topología, matriz laplaciana, multiplicadores de Lagrange.

### Abstract

This article focuses on the location of congestion zones in a transmission network, based on the topological characterization through graph theory and the information derived from Locational Marginal Pricing (LMP). In the article, a methodology that uses the topological characterization of interconnections in a transmission network, such as network electricity market, to identify lines of separation between nodes is proposed. This methodology is a useful tool for power system regulators to identify areas with stability problems due to LMP variation between nodes.

**Keywords:** locational marginal price, graph theory, congestion zones, topology, Laplacian matrix, Lagrange multipliers.

## INTRODUCCIÓN

Una red de mercado de energía es un sistema eléctrico que representa la transferencia económica de energía entre nodos de una red de transmisión eléctrica, la cual se caracteriza por tener restricciones en la cantidad de transacciones de energía posibles entre nodos. Estas restricciones, conocidas también como congestiones en la red, han limitado la participación de los actores (como vendedores y compradores) involucrados en el mercado de energía (Bompard, Correia, Gross & Amelin, 2003). Las limitaciones a las cuales está sujeto el sistema de transmisión reducen la capacidad de distribución de la energía, haciendo de la congestión una condición de operación (Raooftat & Eghtedarpour, 2012).

Una forma de evidenciar la congestión en un sistema de potencia es por medio de la diferencia entre valores de precio marginal nodal (LMP). Utilizando la información de los valores LMP en cada nodo y la caracterización topológica de un sistema de transmisión (con teoría de grafos), se plantea una metodología que permite la construcción de una red de mercado eléctrico que permita identificar la congestión. La metodología utiliza los costos marginales para construir una red con líneas y nodos, en la que cada nodo tiene asignado su respectivo LMP y las líneas corresponden a la suma de valores de LMP entre nodos.

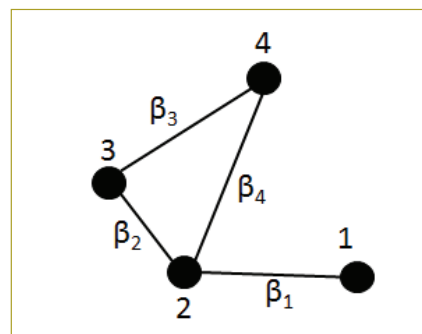
La separación de un sistema de potencia en zonas de congestión es una estrategia de gestión que permite tomar diferentes decisiones sobre mercados de energía (Alomoush & Shahidehpour, 1999). El problema es el algoritmo para identificar las zonas. En algunos documentos se aplican algoritmos difusos, los cuales necesitan tener un número previo de zonas en el sistema, algo que puede ser incorrecto si se tiene en cuenta que la cantidad de zonas cambia a medida que la topología y la generación varían (Raooftat & Eghtedarpour, 2012; Cheng & Overbye, 2005; Hong, Chang, Wu & Yang, 2002; Sajjadi & Raooftat, 2008). Para solucionar esto, la metodología plantea la aplicación de algoritmos evolutivos y minería de datos (Pandi, Biswas, Dasgupta & Panigrahi, 2009; Ferreira, Ramos, Vale & Soares, 2010).

## CARACTERIZACIÓN DE LA RED DE MERCADO ELÉCTRICO

Las zonas de congestión en la red de transmisión se ubican mediante un análisis de las propiedades topológicas. Estas propiedades son resultado de una caracterización

del estado de la red de mercados, tomando como base los LMP, caracterización que se hace mediante teoría de grafos.

La red de mercado se denota como un grafo  $\mathcal{G} = \{\mathcal{N}, \mathcal{B}\}$ , donde el conjunto de nodos es  $\mathcal{N} = \{1, 2, 3, \dots, N\}$  y el conjunto de ramas son  $\mathcal{B} = \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m\}$ . Las ramas conectan los nodos del conjunto  $\mathcal{N}$ . Debido a que en las redes de transmisión no existen bucles en las barras, los nodos se trabajan como pares no ordenados  $(i_m, j_m)$ , donde  $i_m \neq j_m$ . Cada rama será el camino de conexión desde  $i$  hasta  $j$  (Bollobás, 1998). A continuación se muestra un ejemplo de un fragmento de la red de mercado como grafo con cuatro nodos y cuatro ramas (figura 1).



**Figura 1.** Ejemplo de red de mercado como grafo.

Fuente: Propia.

Para la red de mercado, cada nodo tendrá asociado su respectivo valor LMP. Según la teoría de grafos, la conexión entre nodos de un grafo se interpreta matemáticamente como una matriz. Esta matriz de conectividad se denotará como  $\mathbf{A}$ , donde cada rama, que conectan el par de nodos  $(i, j)$ , es la suma entre los valores LMP  $|lmp_i + lmp_j| = lmp_{ij}$ . Cada elemento  $a_{ij}$  está dado por la ecuación (1). Si un par de nodos  $(i, j)$  no están directamente conectados, entonces el elemento  $a_{ij}$  es igual a cero. La representación matricial de la figura 1 se puede ver en la ecuación (2).

$$a_{ij} = \begin{cases} |lmp_i + lmp_j| & \text{si } i \text{ y } j \text{ son adyacentes} \\ 0 & \text{si } i = j \end{cases} \quad (1)$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & LMP_{1,2} & 0 & 0 \\ LMP_{2,1} & 0 & LMP_{2,3} & LMP_{2,4} \\ 0 & LMP_{3,2} & 0 & LMP_{3,4} \\ 0 & LMP_{4,2} & LMP_{4,3} & 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

El grado  $d_i$  del nodo  $i$  se define como la suma de las conexiones  $a_{ij}$  que inciden en el bus  $i$ . La ecuación (3) muestra que la matriz  $\mathbf{D}$  se construye como una matriz diagonal. Un ejemplo de la matriz de grado se muestra en la ecuación (4).

$$\mathbf{D} = \text{diag} \{d_1, d_2, \dots, d_N\} \quad (3)$$

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} LMP_{1,2} & 0 & 0 & 0 \\ & LMP_{2,3} & & \\ 0 & +LMP_{2,4} & 0 & 0 \\ & +LMP_{1,2} & & \\ 0 & 0 & LMP_{3,2} & 0 \\ & & +LMP_{3,4} & \\ 0 & 0 & 0 & LMP_{4,3} \\ & & & +LMP_{4,2} \end{bmatrix} \quad (4)$$

La caracterización del grafo  $\mathcal{G} = \{\mathcal{N}, \mathcal{B}\}$  se realiza mediante una matriz laplaciana  $\mathbf{L}$ , la cual es la relación matemática entre las matrices de conectividad  $\mathbf{A}$  y grado  $\mathbf{D}$ , tal como se muestra en la ecuación (5).

$$\mathbf{L} \triangleq \mathbf{D} - \mathbf{A} \quad (5)$$

Los elementos  $l_{ij}$  de la matriz laplaciana están dados en la ecuación (6).

$$l_{ij} = \begin{cases} d_i & \text{si } i = j \\ -a_{ij} & \text{si } (i, j) \text{ están directamente conectados} \\ 0 & \text{cualquier otro caso} \end{cases} \quad (6)$$

La matriz laplaciana  $\mathbf{L}$  provee un resumen de la medida de conectividad del grafo en términos de LMP.  $\mathbf{L}$  es una matriz positiva semidefinida y sus valores propios no tienen valores negativos (Bollobás, 1998). Cada valor propio  $\lambda_i$  tiene un vector propio  $v_i$ . Los valores y vectores propios de  $\mathbf{L}$  entregan información sobre la red que se caracterizó con  $\mathcal{G}$ .

## UBICACIÓN DE ZONAS DE CONGESTIÓN

Una vez caracterizada la red con teoría de grafos, se procede a identificar la aparición de coherencia entre los LMP y, por consiguiente, a ubicar las zonas de congestión

en la red. Se considera que toda red de mercado  $\mathcal{G} = \{\mathcal{N}, \mathcal{B}\}$  tiene  $k$  zonas de congestión no superpuestas, caracterizadas con los subgrafos  $\mathcal{G}_1 = \{\mathcal{N}_1, \mathcal{B}_1\}$ ,  $\mathcal{G}_2 = \{\mathcal{N}_2, \mathcal{B}_2\}$ , ...,  $\mathcal{G}_k = \{\mathcal{N}_k, \mathcal{B}_k\}$ . Para la identificación de las zonas, se parte de que la red  $\mathcal{G}$  está dividida inicialmente en dos zonas de congestión  $\mathcal{G}_1 = \{\mathcal{N}_1, \mathcal{B}_1\}$  y  $\mathcal{G}_2 = \{\mathcal{N}_2, \mathcal{B}_2\}$ .

Para identificar las  $k$  zonas de congestión de una red, toma como punto de partida un problema de optimización bidimensional, el cual es extendido a  $k$  dimensiones (Moreno, 2016). En dicha optimización se escriben como  $(r_i, r_j)$  las coordenadas del par de nodos  $(i, j)$ , luego se plantea una ecuación de suma ponderada del cuadrado de las distancias entre los nodos de la red, y finalmente se busca el vector  $(r_1, r_2, \dots, r_N)$  que minimice dicha ecuación. La ecuación puede expresarse en términos de la matriz laplaciana  $\mathbf{L}$ , tal como se muestra en (7).

$$\sum_{i \in \mathcal{N}_1} \sum_{j \in \mathcal{N}_2} (r_i - r_j)^2 a_{ij} = \mathbf{r}^T \mathbf{L} \mathbf{r} \quad (7)$$

Por lo tanto, el problema de optimización por resolver está en el lado derecho de la ecuación (7).

$$\begin{aligned} &\text{minimizar } \mathbf{r}^T \mathbf{L} \mathbf{r} \\ &\text{sujeto a } \mathbf{r}^T \mathbf{r} = N \end{aligned} \quad (8)$$

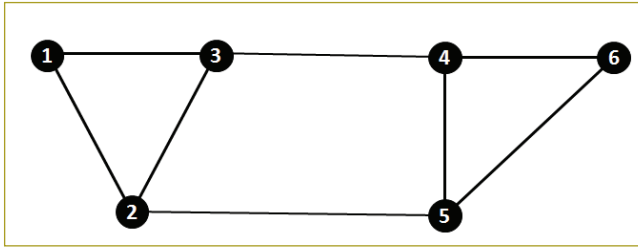
La identificación de las zonas de congestión requiere un vector  $\mathbf{r}^*$  que resuelva la ecuación (8). Las restricciones muestran que cada nodo  $i$  está en  $\mathcal{N}_1$  o  $\mathcal{N}_2$ . La solución del problema de optimización de (8) está dada por el vector  $\mathbf{r}^*$  que soluciona la ecuación (9).

$$(\mathbf{L} - \lambda \mathbf{I}) \mathbf{r}^* = 0 \quad (9)$$

La solución del vector  $\mathbf{r}^*$  y el desarrollo del problema de minimización se toman de Moreno (2016). Aplicando multiplicadores de Lagrange a la ecuación (8), la solución está dada por los valores y vectores propios de  $\mathbf{L}$ , especialmente con los valores propios  $\lambda_2$  y sus vectores propios asociados  $v_2$ .

Un ejemplo sobre cómo los vectores propios de  $\mathbf{L}$  se puede ver a continuación. En la figura siguiente se muestra un grafo  $\mathcal{G}$ , conformado por seis nodos. Este grafo se dividirá en dos zonas. En la ecuación (10) se muestra un ejemplo de resultado del cálculo de la matriz laplaciana (figura 2).





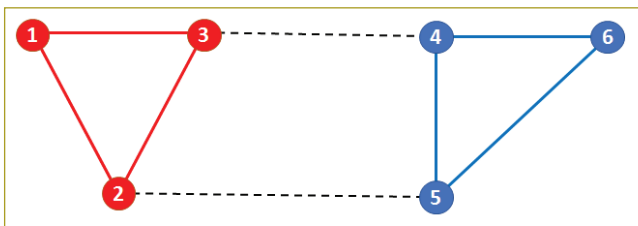
**Figura 2.** Ejemplo de identificación de dos zonas de congestión de un grafo  $G$ .

Fuente: Propia.

$$L = \begin{pmatrix} 2 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 3 & -1 & 0 & -1 & 0 \\ -1 & 1 & 3 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 3 & -1 & -1 \\ 0 & -1 & 0 & -1 & 3 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 2 \end{pmatrix} \quad (10)$$

Cuando a la matriz  $L$  se le aplican los multiplicadores de Lagrange se obtiene como resultado la matriz  $V$  de la ecuación (11). Analizando dicha matriz, se puede observar que en el vector  $v_2$  se identifican dos zonas de congestión (en rojo y azul). El número de la fila identifica al nodo y el signo se asigna a la zona. Si se compara por ejemplo con el vector  $v_2$ , las zonas identificadas no corresponden a nodos conectados entre sí, por lo que se descarta. Con esto se concluye que la separación por zonas resultante es la que se muestra a continuación (figura 3).

$$V = \begin{pmatrix} +0,40 & -0,57 & +0,57 & -0,07 & -0,40 & 0 \\ +0,40 & -0,28 & -0,21 & +0,53 & +0,40 & +0,50 \\ +0,40 & -0,28 & -0,35 & -0,45 & +0,40 & -0,50 \\ +0,40 & +0,28 & -0,35 & -0,45 & -0,40 & +0,50 \\ +0,40 & +0,28 & -0,21 & -0,53 & -0,40 & -0,50 \\ +0,4 & +0,57 & -0,57 & -0,07 & +0,40 & 0 \end{pmatrix} \quad (11)$$



**Figura 3.** Identificación de las zonas del grafo  $G$ .

Fuente: Propia.

### CASO DE SIMULACIÓN

Con la metodología propuesta, se identifican las zonas de congestión para el sistema de pruebas IEEE de 118 nodos (Christie, 1993).

A renglón seguido se presentan los parámetros del sistema IEEE de 118 nodos (tabla 1), así como los costos marginales empleados (tabla 2). Además, se muestra el diagrama unifilar del sistema de pruebas IEEE de 118 nodos (figura 4).

**Tabla 1**  
Parámetros del sistema IEEE de 118 nodos

Parámetro	Valor	Unidad
Capacidad total generador	5859,2	MW
Generación (actual)	4519,0	MW
Nodos	118	
Ramas	185	
Generadores	19	
Transformadores	10	

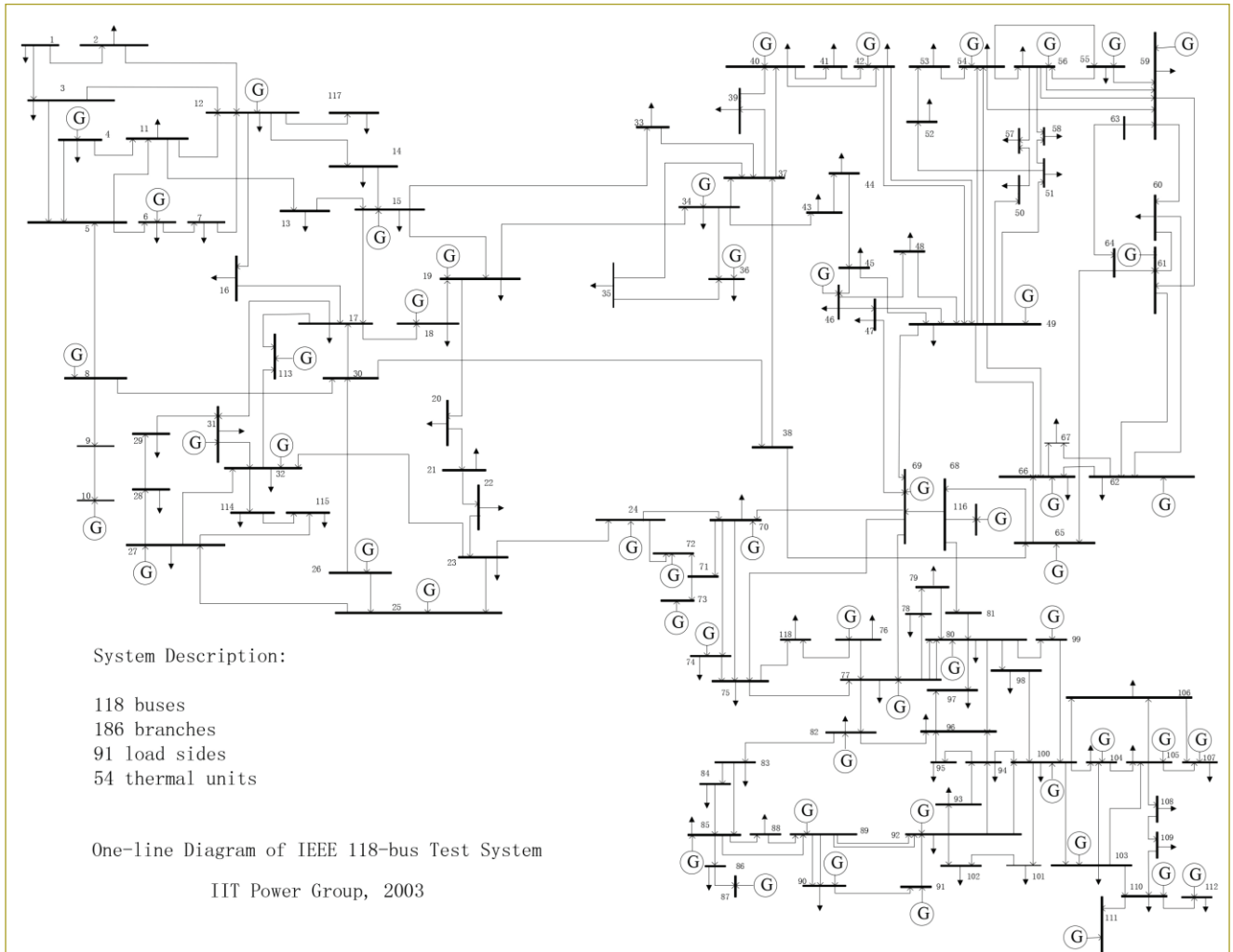
Fuente: Christie (1993).

**Tabla 2**  
Costo marginal para el sistema IEEE de 118 barras

Barraje Generador	Costo marginal US\$/MWh	Barraje Generador	Costo marginal US\$/MWh
10	0,217	65	0,2493
12	1,052	66	0,2487
25	0,434	69	0,1897
26	0,308	80	0,205
31	5,882	87	7,142
46	3,448	92	10
49	0,467	100	0,381
54	1,724	103	2
59	0,606	111	2,173
61	0,588		

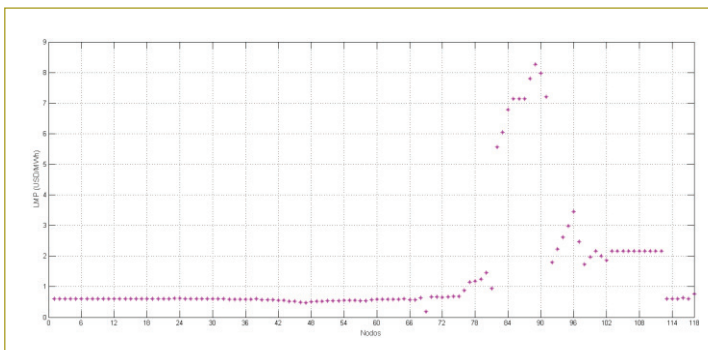
Fuente: Blumsack (2006).

Al caso de simulación se le hace un flujo de carga óptimo DC (DCOPF) simple, del cual se obtiene que el costo total de operación es igual a US\$2091,39/h y diferentes valores de LMP para los nodos que va desde \$0,19/MWh hasta \$8,27/MWh (figura 5).



**Figura 4.** Diagrama unifilar para el sistema de prueba de IEEE de 118 nodos.

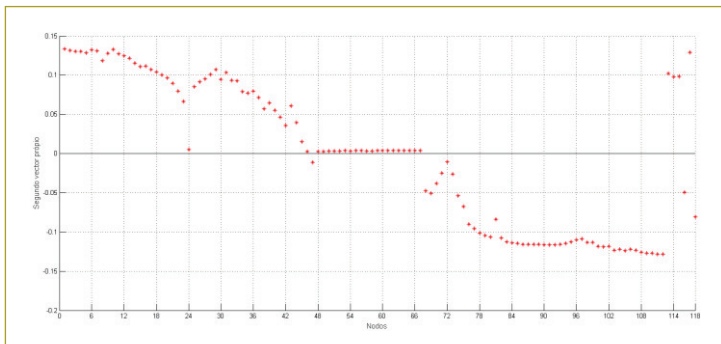
Fuente: <http://al-roomi.org/power-flow/118-bus-system>.



**Figura 5.** LMP para el sistema de prueba de IEEE de 118 nodos.

Fuente: Propia.

Con estos resultados de LMP para cada nodo, se procede a construir el sistema IEEE como grafo. Como se mostró en la sección II, los valores LMP de cada nodo permiten la construcción de las matrices  $\mathbf{A}$  (con la ecuación 1) y  $\mathbf{D}$  (con la ecuación 3), que a su vez permiten construir la matriz  $\mathbf{L}$  (con la ecuación 6). Con la matriz laplaciana, se identifica el primer grupo de zonas de congestión aplicando los multiplicadores de Lagrange. Ya que la matriz  $\mathbf{V}$  en la primera división de zonas es de  $118 \times 118$ , se opta por graficar los valores del segundo vector propio, para identificar más fácilmente los cambios de signo en los valores, definiendo las dos primeras zonas de congestión.



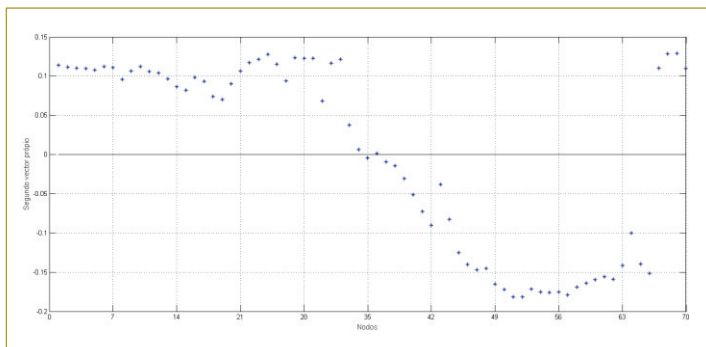
**Figura 6.** Primera división en zonas de congestión.

Fuente: Propia.

En la figura anterior (figura 6) se observa la división del sistema en dos grandes zonas de congestión, donde la zona positiva es la que alberga la mayor cantidad de nodos. Con el eje X se identifica el número específico del nodo para cada zona.

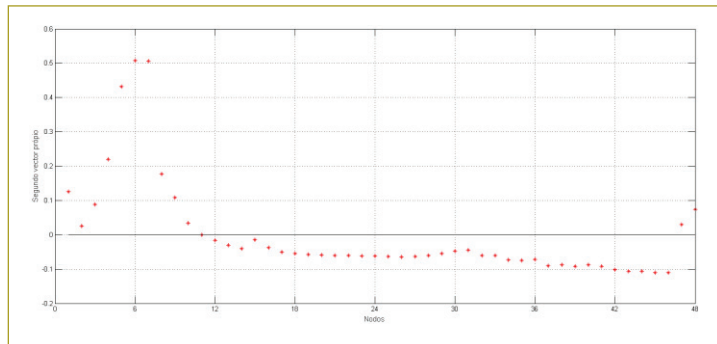
Para continuar con la identificación de zonas de congestión, se toman los nodos positivos de dicha figura, se reenumeran dichos nodos en forma ascendente y se construye un nuevo grafo con sus respectivas matrices  $A_1$ ,  $D_1$  y  $L_1$ . Aplicando otra vez multiplicadores de Lagrange, se obtiene una nueva subdivisión, donde la matriz  $V_1$  es de 70 x 70 (figura 7).

Ahora se procede a tomar los nodos de la zona negativa de la primera división y de nuevo se construye otro grafo con matrices  $A_2$ ,  $D_2$  y  $L_2$ . Se aplica la metodología y se identifican otras dos zonas de congestión, donde se muestra la tercera división (figura 8).



**Figura 7.** Segunda división en zonas de congestión.

Fuente: Propia.



**Figura 8.** Tercera división en zonas de congestión.

Fuente: Propia.

El resultado final es una división total del sistema de prueba IEEE de 118 nodos en cuatro zonas de congestión (figura 9). Este ejercicio se debe repetir en cada división hasta que la identificación de cambios de signos negativos en el segundo vector propio de la matriz  $V$  sea nulo.

## CONCLUSIONES

A lo largo del artículo se presenta una metodología basada en teoría de grafos y precios nodales para la identificación de zonas de congestión en una red de mercado energético, la cual se construye con los flujos de potencia óptimos calculados en el sistema de transmisión de energía y los LMP asignados a cada nodo.

Para la identificación de las zonas de congestión, se emplean como herramienta clave los multiplicadores de Lagrange.

Los cambios de signo en el segundo vector de la matriz resultante de aplicar los multiplicadores evidencian la separación de la red en pares de zonas de congestión.

La metodología propuesta también permite encontrar zonas de congestión ocultas en la red. Estas zonas son de difícil identificación por parte de otras metodologías estudiadas en el artículo.

La metodología permite establecer parámetros de estudio para el mejoramiento de la seguridad y la confiabilidad de sistemas de transmisión de energía eléctrica.

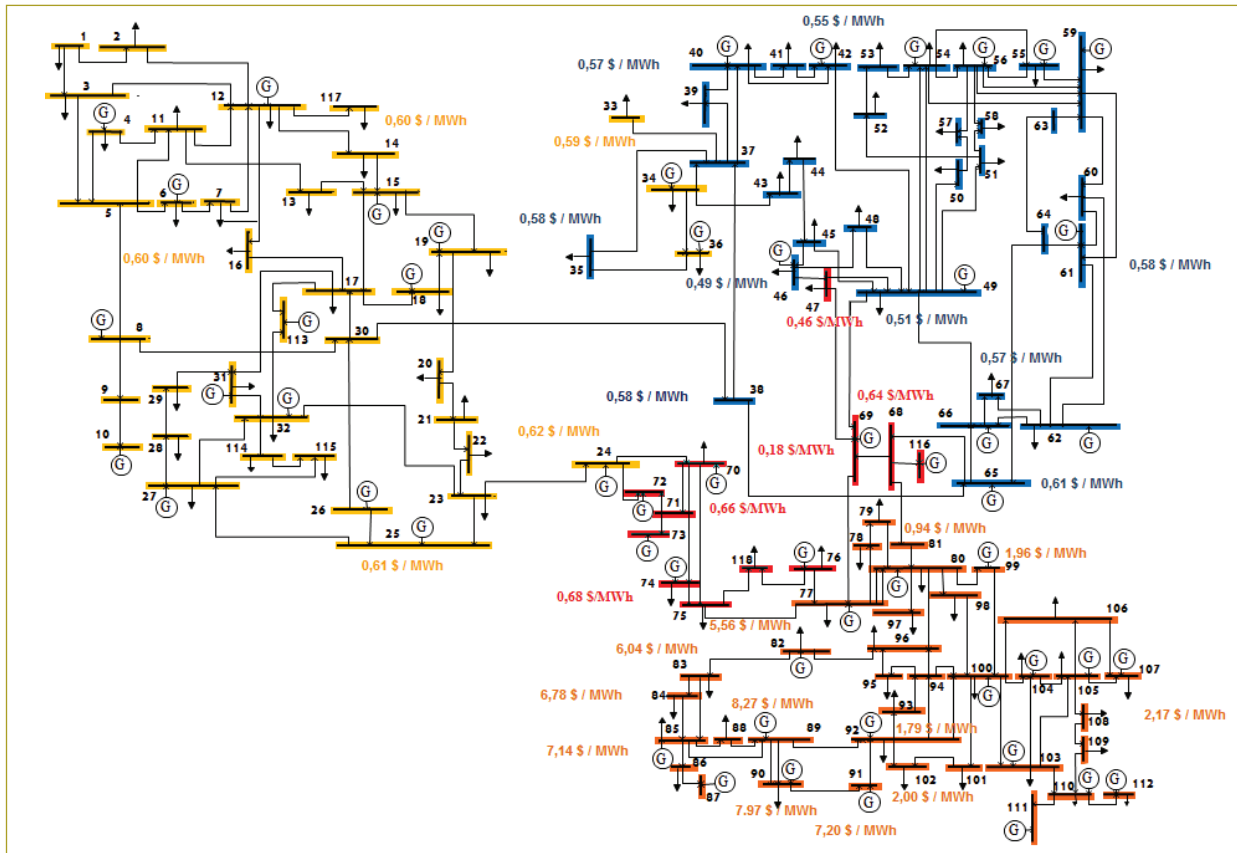


Figura 9. Resultado final de identificación de zonas de congestión.

Fuente: Propia.

## REFERENCIAS

- Alomoush, M. I. & Shahidehpour, S. M. (1999). Fixed transmission rights for zonal congestion management. *IEEE Proceedings - Generation, Transmission and Distribution*, 146(5), 471. doi:10.1049/ip-gtd:1999044
- Blumsack, S. (2006). Network topologies and transmission investment under electricity-industry restructuring, (Doctoral dissertation). Tomado de: [http://www.personal.psu.edu/faculty/s/a/sab51/Blumsack\\_Dissertation.pdf](http://www.personal.psu.edu/faculty/s/a/sab51/Blumsack_Dissertation.pdf).
- Bollobás, B. (1998). *Modern Graph Theory*. Springer-Verlag, New York, 6, doi: 10.1007/978-1-4612-0619-4
- Bompard, E., Correia, P., Gross, G. & Amelin, M. (2003). Congestion-management schemes: a comparative analysis under a unified framework. *IEEE Transactions on Power Systems*, 18(1), 346–352. doi:10.1109/tpwrs.2002.807077
- Chacón, J. L. (2005). *Matemática discreta*. Tema 3. Introducción a la teoría de grafos, pp. 6-15, 2005. Tomado de <http://webdel-profesor.ula.ve/ciencias/jlchacon/materias/discreta/grafos.pdf>.
- Cheng, X. & Overbye, T. J. (2005). PTFD-Based Power System Equivalents. *IEEE Transactions on Power Systems*, 20(4), 1868–1876. doi:10.1109/tpwrs.2005.857013.
- Ferreira, J., Ramos, S., Vale, Z., & Soares, J. P. (2010). Zonal prices analysis supported by a data mining based methodology. *IEEE PES General Meeting*. doi:10.1109/pes.2010.5590078.
- Hong, Y.Y., Chang, C.N., Wu, K.L., & Yang, M.S. (2002). Determination of Congestion Zones in Deregulated Electricity Market using Fuzzy Clustering. *Proceedings - 14th Power Systems Computation Conference, PSCC02*, 1-7.
- Moreno, R. & Mora, P. A. (2016) Coherence of locational marginal prices in an electricity market network, 13th International Conference on the European Energy Market (EEM). Porto, 2016, pp. 1-5. doi: 10.1109/EEM.2016.7521291.
- Pandi, V. R., Biswas, A., Dasgupta, S. & Panigrahi, B. K. (2009). *A hybrid bacterial foraging and differential evolution algorithm for congestion management*. European Transactions on Electrical Power, n/a–n/a. doi:10.1002/etep.368.
- Christie, R. (1993). *118 Bus Power Flow Test Case*. University of Washington. Tomado de: [https://www.ee.washington.edu/research/pstca/pf118/pg\\_tca118bus.htm](https://www.ee.washington.edu/research/pstca/pf118/pg_tca118bus.htm).
- Raoofat, M. & Eghtedarpour, N. (2012). A modified fuzzy clustering algorithm for market zonal partitioning in electricity markets. *Int. Trans. Electr. Energy Syst.*, 23(4), 526-538. doi:10.1002/etep.1610.
- Sajjadi, M. & Raoofat, M. (2008). *Zonal partitioning of deregulated power systems using fuzzy Monte Carlo simulation*. 2008 IEEE 2nd International Power and Energy Conference. doi:10.1109/pecon.2008.4762656.



# Organizational antecedents and capabilities and their effects on firm competitiveness of sustainable supply chain management: An empirical evaluation in a developing economy

JAIRO RAÚL CHACÓN-VARGAS<sup>1</sup> - CARLOS EDUARDO MORENO-MANTILLA<sup>2</sup>

1. Industrial Engineering Programme, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

2. Faculty of Engineering, Systems and Industrial Engineering Department, Universidad Nacional de Colombia.

jairo.chacon@escuelaing.edu.co - cemorenoma@unal.edu.co

Recibido: 01/10/2016 Aceptado: 16/10/2016

Disponible en <http://www.escuelaing.edu.co/revista.htm>

## Abstract

Drawing from the Resource-Based View and Stakeholder theories, this article aims to evaluate empirically the relationship between organizational antecedents, firm capabilities for Sustainable Supply Chain Management (SSCM), and the latter's effects on competitive advantage for a group of 126 focal firms in the city of Bogotá, Colombia. A mixed methods research design was followed. A self-administered (online) questionnaire was sent to a convenience sample of firms. The validity and reliability of the theoretical constructs were verified

through validated factors modeled using reflective indicators, and the structural equation model was tested using partial least squares (PLS). Along with internal consistency, convergent and discriminant validities of the measurement model were evaluated. Finally, the constructs of organizational antecedents, SSCM practices and their effects on the focal company's competitive advantage appear to be properly in line with the data collected and the testing of the proposed framework has provided an acceptable fit with positive relationships between the factors involved.



## 1. INTRODUCTION

Today's world is rapidly changing and this is having a significant impact on all types of businesses, significantly affecting economic and social life. In particular, focal companies and their supply chains are challenged to pursue their objectives and carry out their operations in a more extreme, open and unstable world [1]. A focal company is the most influential and powerful in the chain, by being the trigger of social and environmental initiatives in the supply chain [2]. This type of *sustainable* supply chain management (SSCM) according to [3] can be defined as:

[...] the management of material, information and capital flows as well as cooperation among companies along the supply chain while taking goals from all three dimensions of sustainable development, i.e. economic, environmental and social, into account which are derived from customer and stakeholder requirements [3, p. 1700].

Nevertheless, the study of literature implies that companies, in response to social and environmental pressures from stakeholders, need to develop new organizational capabilities [4]. Therefore, there is a need to advance in researching the identification of specific antecedents and organizational capabilities that are necessary to offer such responses from the focal companies and their supply chains and whether these antecedents and organizational capabilities confer any type of competitive advantage to the focal company. All of this is particularly relevant for developing and emerging countries, where environmental and social considerations in the management of supply chains and corporate social responsibility still remain as issues that have not been extensively addressed by scholars and the business community in these countries [5].

Thus, the authors expect for this research to contribute to fill the gaps on this issue and drawing from the Resource-Based View of the firm (RBV) and Stakeholder (ST) theories, this article aims to evaluate empirically the relationship between organizational antecedents, firm capabilities for sustainable supply chain management (SSCM), and the latter's effects on competitive advantage for a group of 126 focal firms in the city of Bogotá, Colombia.

To achieve our research objectives, this paper is organized as follows: first, research questions are briefly introduced. Next, a set of hypotheses is suggested, and then the research method followed in this study is described. Finally, the study's findings are presented, discussing their implications to conclude by identifying the limitations of the study and presenting directions for future research.

## 3. LITERATURE REVIEW AND RESEARCH FRAMEWORK

With the research objectives in mind and drawing from RBV, ST, social and environmental supply chain management, environmental and social management literatures and the author's literature review [6], the variables under study as well as a set of hypotheses linking these variables are presented in this section to explore the relationships between organizational antecedents and capabilities and their effects on competitive advantage.

### 3.1 Factors involved in supply chain practice, research framework and hypothesis

Based on RBV and ST theories [7], [8], [9], the authors proposed the research framework shown in Figure 1. First, we proposed that environmental and social practices (including both upstream and downstream sides of the supply chain) have a direct impact on green and social competitive advantage, respectively [10], [11]. Environmental practices and social practices are both second-order factors. Environmental practices are operationalized by conceptualizing them as six first-order constructs. The six first-order constructs are: (i) green manufacturing (GM) [12], [13]; (ii) eco-design (EC) [14], [15]; (iii) green logistics (GL) [16]; (iv) green purchasing (GP) [17]; (v) environmental collaboration with customers (ECC) [18]; and (vi) reverse logistics (RL) [19]. Social practices are operationalized by conceptualizing them as four first order constructs. The four first-order constructs are: (i) labour practices (LP) [20], [21]; (ii) product responsibility (PR) [22], [23]; (iii) community relationships (COMMREL) [24] and (iv) socially responsible purchasing (SRP) [25], [26]. Green advantage (G-CADV) [27], and social advantage (S-CADV) [28], are both understood as first-order constructs.

Second, it is hypothesized that two supply chain capabilities facilitate these social and environmental practices: (i) *top and middle management support and proactivity* (TMMS) [29], [30] [31], and (ii) *supply chain management capabilities* (SCC) [32], [33], [34], [35], which are conceptualized as first-order constructs

Based on the above considerations and guided by the proposed framework, we suggested the following hypotheses:

- HH1: Top and middle management support facilitate the adoption of social practices in the focal

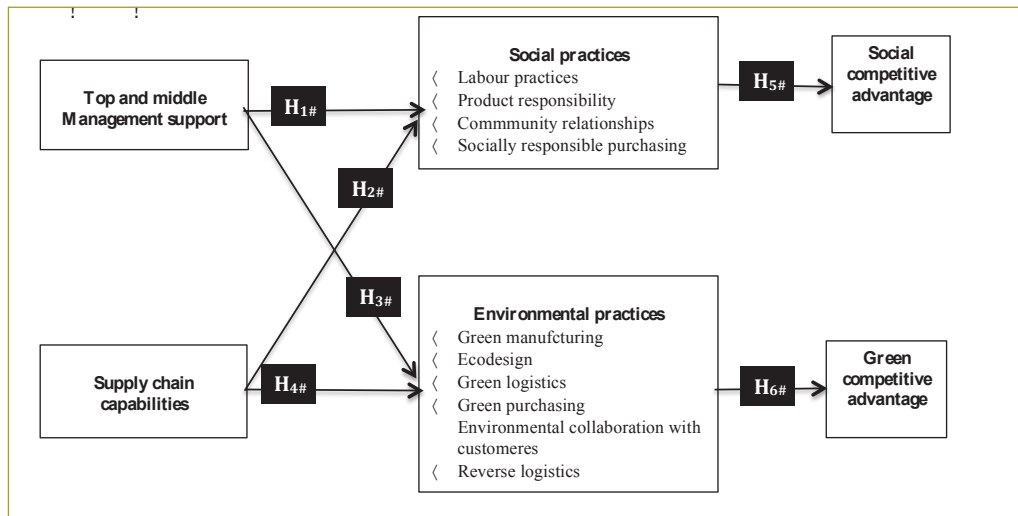


Figure 1. Proposed framework.

firm's supply chain management in the context of a developing economy.

- H2: Supply chain capabilities facilitate the adoption of social practices in the focal firm's supply chain management in the context of a developing economy.
- H3: Top and middle management support facilitate the adoption of environmental practices in the focal firm's supply chain management in the context of a developing economy.
- H4: Supply chain capabilities facilitate the adoption of environmental practices in the focal firm's supply chain management in the context of a developing economy.
- H5: Social practices have positive effects on the social competitive advantage of the focal firm.
- H6: Environmental practices have positive effects on the green competitive advantage of the focal firm.

#### 4. METHODOLOGY

For the initial data collection, a first qualitative phase of data collection and content analysis was based on in-depth interviews with company executives from four different firms and industry. Then, followed the generation of the research instrument, which was subsequently sent to a convenience sample of firms. One hundred and twenty-six usable questionnaires were accepted for analysis.

## 5. RESULTS

### 5.1 Evaluation of the measurement model

Internal consistency reliability, convergent validity and discriminant validity were assessed using composite reliability indices (CR), Cronbach's alpha, average extracted variance (AVE) and cross loadings of the indicators, respectively. All these criteria satisfied the cut-off values suggested by literature [36], [37], [38], [39].

### 5.2 Evaluation of the structural model

To evaluate the structural model, the primary evaluation criteria used were the R2 measures, the significance of the path coefficients and the model's capability to predict. Per PLS-SEM literature, our proposed model has fulfilled all these criteria [40], [38], therefore we conclude our model has predictive relevance.

Importance-performance matrix analysis (IPMA) provides information on the relative importance of factors in explaining other factors [39]. The IPMA of green competitive advantage shows that environmental practices have a relatively higher importance but simultaneously, have a relatively low performance and with respect to indirect effects, supply chain capabilities have the highest impact on green competitive advantage. The IPMA of social competitive advantage shows that social practices have a relatively higher importance but simultaneously, have a relatively low performance and with respect to indirect effects supply chain capabilities

**Table 1**  
Convergent validity for the 1st order constructs

1st Order construct	Composite reliability	Cronbach's alpha	AVE	R <sup>2</sup> (endogenous latent variables)
COMMREL	0,849	0,766	0,586	0,757
EC	0,919	0,883	0,740	0,678
ECC	0,895	0,825	0,741	0,668
ENVPR	0,916	0,903	0,362	0,303
G-CADV	0,898	0,860	0,639	0,202
GL	0,880	0,797	0,710	0,430
GM	0,847	0,730	0,649	0,496
GP	0,865	0,764	0,681	0,603
PR	0,830	0,694	0,621	0,602
RL	0,881	0,819	0,649	0,258
S-CADV	0,897	0,846	0,687	0,229
SOCPR	0,885	0,853	0,438	0,326
SRP	0,910	0,851	0,771	0,652
SCC	0,885	0,804	0,720	-
TMMMS	0,927	0,894	0,759	-

and top and middle management support have both similar impacts on social competitive advantage.

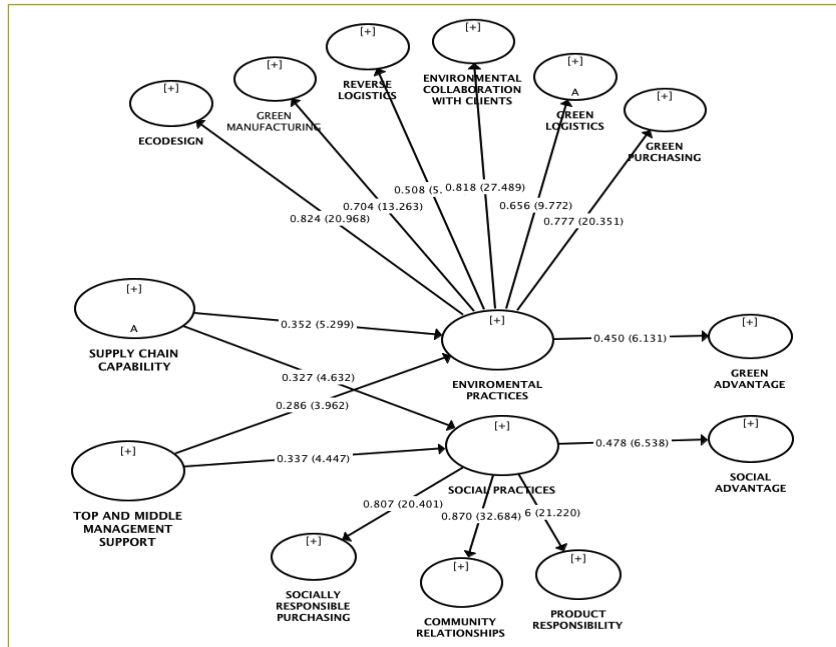
### 5.3 Hypothesis testing

The proposed hypotheses were tested by evaluating the path coefficients using a bootstrapping resampling method with 5000 resamples as suggested by [39]. This analysis shows support for all the hypothesis (See Figure 1). The two constructs associated with organizational antecedents, supply chain capabilities and top

and middle management support do have a significant positive effect on environmental and social practices (H1 to H4. The path coefficients of 0.352, 0.327, 0.286, 0.337 were significant and R2 of 0.303 and 0.326 of environmental and social practices, respectively can be considered acceptable despite the existence of many other determinants [42] that were not incorporated in this research. Support was also found to H5 and H6, the path coefficients of 0.450 and 0.478 were significant along with R2 of 0.202 and 0.229, respectively, confirming that environmental practices and social

**Table 2**  
Discriminant validity for 1st order constructs: Inter construct correlation matrix and the square root of AVE (Fornell-Larcker criterion)

	COMMREL	EC	ECC	G-CADV	GL	GM	GP	PR	RL	S-CADV	SRP	SCC	TMMMS
COMMREL	0.765												
EC	0,438	0,860											
ECC	0,566	0,583	0,861										
G-CADV	0,506	0,377	0,438	0,800									
GL	0,380	0,404	0,449	0,176	0,842								
GM	0,439	0,576	0,450	0,373	0,349	0,806							
GP	0,564	0,530	0,600	0,413	0,416	0,510	0,825						
PR	0,537	0,531	0,555	0,446	0,463	0,385	0,490	0,788					
RL	0,265	0,248	0,387	0,096	0,331	0,146	0,281	0,276	0,805				
S-CADV	0,445	0,348	0,378	0,777	0,200	0,328	0,333	0,420	0,112	0,829			
SRP	0,534	0,242	0,441	0,347	0,334	0,240	0,562	0,453	0,233	0,305	0,878		
SCC	0,491	0,286	0,405	0,418	0,401	0,364	0,367	0,337	0,363	0,372	0,348	0,849	
TMMMS	0,532	0,362	0,309	0,475	0,347	0,406	0,411	0,425	0,117	0,362	0,239	0,481	0,871



**Figure 2.** Statistical significance of the path coefficients in the proposed research model.

practices are conceptually different from each other [43] and therefore environmental practices only lead to green competitive advantage while social practices only lead to social competitive advantage [28].

**Table 4**  
Effect sizes

Endogenous construct	f <sup>2</sup>
SCC -> ENVPR	0,1363
SCC -> SOCPR	0,1201
TMMS -> ENVPR	0,0889
TMMS -> SOCPR	0,1305

**Table 5**

Prediction relevance test (Stone-Geisser's Q<sup>2</sup> test)

Endogenous construct	Q <sup>2</sup>
COMMREL	0,429
EC	0,497
ECC	0,485
ENVPR	0,104
G-CADV	0,117
GL	0,293
GM	0,309
GP	0,401
PR	0,160
RL	0,160
S-CADV	0,153
SOCPR	0,134
SRP	0,497

## 6. DISCUSSION OF FINDINGS AND IMPLICATIONS

SSCM literature suggests that social issues are lacking and a lot of work to be done. This study contributes to SSCM literature [43], [44] by advancing on how to operationalize other social practices in the focal firm's supply chain management. The findings also confirm that organizational antecedents (top and middle management support and supply chain capabilities) positively and significantly impact focal firms' social and environmental supply chain practices [45].

What seems interesting to note from the above results is that social and environmental supply chain practices in the sample studied seem to have a cause derived from supply chain capabilities associated only with economic interests of the organizations involved in this study. However, this is not enough for the adoption of sustainability practices if not jointly adopted with a strong environmental and social commitment of top management and involvement of employees like those in middle management levels. These results should also be analyzed with caution because by comparing effect sizes, the findings show that supply chain capabilities have a moderate effect on both environmental practices and social practices as it has top and middle management support on social practices but with a small effect

of top management and middle management support on environmental practices.

The remaining two constructs namely social practices and environmental practices appear to impact significantly and positively the competitive advantage of the focal firms. It is worth mentioning that although environmental practices and social practices are each of a different nature [43], the empirical results suggest that both the green competitive advantage and social competitive advantage are virtually the same and are the result of the adoption of a mixture of implementing risk-oriented strategies and opportunity oriented strategies which have already been studied in the literature [46]. Empirical data seem to suggest that companies do not apply only one or another strategy but a combination of both. The following competitive advantages were obtained: low-costs; avoiding the violation of environmental and social laws and regulations; improved brand image and company reputation; market opportunities and new products.

Finally, from the IPMA results, it is evident that focal firms still need to take more managerial actions in social and environmental sustainability supply chain practices to improve green competitive advantage and social competitive advantage. Additionally, to improve the performance of those practices it is also necessary that managerial activities also focus on improving the performance of supply chain capabilities and top and middle management support factors.

## 7. CONCLUSIONS

The constructs of organizational antecedents, SSCM practices and their effects on the focal firm's competitive advantage appears to fit the data collected properly and the testing of the proposed framework has provided an acceptable fit with positive relationships between the factors involved.

SSCM in developing economies can become an important management activity of focal firms to contribute not only to the objectives of the organizations but also to help alleviate the social and environmental problems that countries in these economies face.

## 8. LIMITATIONS AND FURTHER RESEARCH

Due to underrepresentation of certain industry sectors of Colombia and the sample size, the findings cannot extend to the whole industry of Colombia and of other developing countries. Future studies could help to validate the proposed framework in other developing economies.

**Acknowledgments.** The authors thank Escuela Colombiana de Ingeniería 'Julio Garavito' and Universidad Nacional de Colombia for financial and research support. The researchers would also like to thank the respondents from the industry who took the time to fill in the survey and the officials from Bogotá's Secretariat of Environment who helped us distribute the survey.

## REFERENCES

1. Winston, A.S.: *The Big Pivot: Radically Practical Strategies for a Hotter, Scarcer, and a More Open World*. Harvard Business School Publishing, Boston (2014)
2. Beske, P., Seuring, S.: Putting sustainability into supply chain management. *Supply Chain Manag.* 19 (2014) 322-331
3. Seuring, S., Müller, M.: From a Literature Review to A Conceptual Framework For Sustainable Supply Chain Management. *J. Clean Prod.* 16 (2008) 1699-1710
4. Guang Shi V., Baldwin, J., Cucchiella, F.: Natural Resource Based Green Supply Chain Management. *Supply Chain Manag.* 17 (2012) 54-67
5. Visser, W.: Corporate Social Responsibility in Developing Countries. In: Crane, A., McWilliams, A., Matten, D., Moon, J., Siegel, D.S. (eds.): *Corporate Social Responsibility*. Oxford University Press, New York (2008) 473-499
6. Chacón-Vargas, J.R., Moreno-Mantilla, C.: Sustainable Supply Chain Management Capabilities: A Review From The Resource-based View, The Dynamic Capabilities and Stakeholder Theories. *LAJMSD.* 1 (2014) 323-343
7. Barney, J.: Firm Resources And Sustained Competitive Advantage. *J. Manage.* 17 (1991) 99-120
8. Wood, D.J., Jones, R.E.: Stakeholder Mismatching: A Theoretical Problem in Empirical Research on Corporate Social Performance. *Int. J. Manag. Organ. Stud.* 3 (1995) 229-267
9. Freeman, R.E., Wicks, A.C., Parmar, B.: Stakeholder Theory And "The Corporate Objective Revisited". *Organ. Sci.* 15 (2004) 364-369
10. Zhu, Q., Sarkis, J., Lai, K.H.: Examining the Effects of Green Supply Chain Management Practices and Mediations on Performance Improvements. *Int. J. Prod. Res.* (2012) 1377-1394
11. Ahi, P., Searcy, C.: Measuring Social Issues in Sustainable Supply Chains. *Meas. Bus. Excell.* 19 (2015) 33-45
12. Sarkis, J., Gonzalez-Torre, P., Adenso-Diaz, B.: Stakeholder Pressure And The Adoption Of Environmental Practices: The Mediating Effect Of Training. *J. Oper. Manag.* 28 (2010) 163-176
13. Shang K.C., Lu, C.S., Li, S.: A Taxonomy Of Green Supply Chain Management Capability Among Electronics-related Manufacturing Firms In Taiwan. *J. Environ. Manage.* 91 (2010) 1218-1226



14. Johansson, G.: Success Factors For Integration Of Ecodesign In product Development A Review Of State Of The Art. *Environ. Manag. Health.* 13 (2002) 98-107
15. Luttrupp, C., Lagerstedt, J.: EcoDesign And The Ten Golden Rules: Generic Advice For Merging Environmental Aspects Into Product Development. *J. Clean. Prod.* 14 (2006) 1396-1408
16. McKinnon, A.: Environmental Sustainability: A New Priority For Logistics Managers. In: McKinnon, A., Browne, M., Whiting, A. (eds.): *Green Logistics: Improving The Environmental Sustainability Of Logistics*. Second edn. Kogan Page, London, Philadelphia and New Delhi (2012) 3-29
17. Eltayeb, T.K., Zailani, S., Jayaraman, K.: The Examination On The Drivers For Green Purchasing Adoption Among EMS 14001 Certified Companies In Malaysia. *JMTM* 21 (2010) 206-225
18. Vachon, S., Klassen, R.D.: Environmental management and Manufacturing Performance: The Role Of Collaboration In The Supply Chain. *Int. J. Prod. Econ.* 111 (2008) 299-315
19. Meade, L., Sarkis, J.: A Conceptual Model For Selecting And Evaluating Third-party Reverse Logistics Providers. *Supply Chain Manag.* 7 (2002) 283-295
20. ISO: *Guidance on Social Responsibility*. (2010)
21. Yawar, S.A., Seuring, S.: Management of Social Issues In Supply Chains: A Literature Review Exploring Social Issues, Actions and Performance Outcomes. *J. Bus. Ethics.* doi:10.1007/s10551-015-2719-9 (2015) 1-23
22. Klassen, R.D.: *Improving Social Performance In Supply Chains: Exploring Practices And Pathways To Innovation*. Flanders DC (2009)
23. Pelozo J., Shang. J.: How Can Corporate Social Responsibility Activities Create Value For Stakeholders? A Systematic Review. *J. Acad. Market. Sci.* 39 (2011) 117-135
24. Burke, E.M.: *Corporate Community Relations*. Praeger Publishers, Westport, Connecticut and London (1999).
25. Maignan, I., Hillebrand, B., McLister, D.: Managing Socially-responsible Buying: How to Integrate Non-economic Criteria Into The Purchasing Process. *EMJ.* 20 (2002) 641-648
26. Leire, C., Mont, O.: The Implementation Of Socially Responsible Purchasing. *Corp. Soc. Resp. Env. Ma.* 17 (2010) 27-39
27. Chen, Y.S., Chang, C.H.: Enhance Environmental Commitments And Green Intangible Assets Toward Green Competitive Advantages: An Analysis Of Structural Equation Modeling (SEM). *Qual. Quant.* 47 (2013) 529-543
28. Arend, R.: Social and Environmental Performance at SMEs: Considering Motivations, Capabilities, and Instrumentalism. *J. of Bus. Ethics.* 125 (2014) 541-561
29. Sharma, S., Vredenburg, H.: Proactive Corporate Environmental Strategy and the Development of Competitive Valuable Organizational Capabilities. *Strategic. Manage. J.* 19 (1998) 729-753
30. Floyd, S.W., Wooldridge, B.: Dinosaurs or Dinamos? Recognizing Middle Management's Strategic Role. *Acad. Manage. Exec.* 8 (1994) 47-57
31. McFadden, K.L., Henagan, S.C., Gowen III, C.R.: The Patient Safety Chain: Transformational Leadership's Effect On Patient Safety Culture, Initiatives, And Outcomes. *J. Oper. Manag.* 27 (2009) 390-404
32. Bowen, F.E., Cousins, P.D., Lamming, R.C., Faruk, A.C.: The Role of Supply Management Capabilities in Green Supply. *Prod. Oper. Manag.* 10 (2001) 174-189
33. Wu, F., Yenyurt, S., Kim, D., Cavusgil, T.: The Impact Of Information Technology On Supply Chain Capabilities And Firm Performance: A Resource-based View. *Ind. Market. Manag.* 35 (2006) 493-504
34. Day, M., Lichtenstein, S., Samouel, P.: Supply Management Capabilities, Routine Bundles And Their Impact On Firm Performance. *Int. J. Prod. Econ.* 164 (2015) 1-13
35. Tobescu, C., Seuring, S.: Internal Enablers for the Implementation of Sustainable Supply Chain Risk Management Systems. In: Uwe C, Hompel M, de Souza R (eds.): *Logistics Management: Products, actors, Technology - Proceedings of the German Academic Association for Business Research, Bremen, 2013*. Springer, Switzerland (2015) 17-26
36. Fornell, C.G., Larcker, D.F.: Evaluating Structural Equation Models With Unobservable Variables And Measurement Error. *J. Marketing. Res.* 18 (1981) 39-50
37. Hair, Jr., J.F., Black, W.C., Babin, B.J., Anderson, R.E.: *Multivariate Data Analysis*. 7rd edn. Prentice Hall, Upper Saddle River (2010)
38. Hair, J.F., Ringle, C.M., Sarstedt, M.: PLS-SEM: Indeed a Silver Bullet. *JMPT.* 1 (2011) 139-151
39. Hair, J.F., Hult, G.T.M., Ringle, C.M., Sarstedt, M.: *A Primer On Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM)*. SAGE, Thousand Oaks (2014)
40. Henseler, J., Fassot, G.: Testing Moderating Effects In PLS Path Models: An Illustration Of Available Procedures. In: Esposito Vinzi, V., Chin, W.W., Henseler, J., Wang, H. (eds.): *Handbook of Partial Least Squares: Concepts, Methods And Applications*. Springer Handbooks of Computational Statistics, New York (2010) 713-735
42. Liu, H., Ke, W., Wei, K.K., Gu, J., Chen, H.: The Role Of Institutional Pressures And Organizational Culture In The Firm's Intention To Adopt Internet-enabled Supply Chain Management Systems. *J. Oper. Manag.* 28 (2010) 372-384
43. Marshall, D., McCarthy, L., Heavey, C., McGrath, P.: Environmental and Social Supply Chain Management Sustainability Practices: Construct Development and Measurement. *Prod. Plan. Control.* 26 (2014) 673-690
44. Marshall, D., McCarthy, L., McGrath, P., Claudy, M.: Going Above and Beyond: How Sustainability Culture And Entrepreneurial Orientation Drive Social Sustainability Supply Chain Practice Adoption. *Supply. Chain. Manag.* 20 (2015) 434-454
45. Ates, M.A., Bloemhof J., van Raaij, E.M., Wynstra, F.: Proactive Environmental Strategy in a Supply Chain Context: The Mediating Role of Investments. *Int. J. Prod. Res.* 50 (2012) 1079-1095
46. Harms, D., Hansen, E.G., Schaltegger, S.: Strategies in Sustainable Supply Chain Management: An Empirical Investigation of Large German Companies. *Corp. Soc. Resp. Env. Ma.* 20 (2013) 205-218





# Retroanálisis de las deformaciones obtenidas en estructuras de contención instrumentadas

## Retrospective analysis of deformations found in slurry walls

ÉDISON FERNEY GARZÓN MONTAÑO

Ingeniero civil de la Universidad Nacional de Colombia. Especialista en Ingeniería de Fundaciones y estudiante de la maestría en Ingeniería Civil de la Escuela Colombiana de Ingeniería.

edison.garzon@mail.escuelaing.edu.co - german.santos@mail.escuelaing.edu.co

Recibido: 12/10/2016 Aceptado: 30/10/2016

Disponibile en <http://www.escuelaing.edu.co/revista.htm>

### Resumen

Los métodos empíricos para el diseño de excavaciones soportadas con pantallas se desarrollaron hace algunas décadas y no se han validado para los ambientes lacustres de la sabana de Bogotá. En este artículo se hace un retroanálisis de las deformaciones obtenidas con inclinómetros y las calculadas con el programa Phase; además, se comparan las presiones de tierras obtenidas con métodos clásicos y el análisis numérico. Este procedimiento permitió contrastar los parámetros de resistencia del retroanálisis, con valores de referencia de la arcilla lacustre de Bogotá y los del estudio geotécnico del caso de estudio.

**Palabras claves:** retroanálisis, pantallas, excavaciones profundas, elementos finitos, métodos empíricos.

### Abstract

The studies of slurry walls for support excavations in clayey soils are normally based on empirical analyses developed several years ago. In this article, the geotechnical behavior of slurry walls in soft soil in Bogotá is analyzed from inclinometer measurements (retrospective analysis). Numerical analyses are performed with a finite element program (Phase) to obtain the strength parameters; these results are compared with typical and real values of soft clay of a zone in Bogotá.

**Keywords:** retrospective analysis, deep excavations, finite elements, empirical analyses.

## INTRODUCCIÓN

Si una obra de contención dispone de instrumentación y su modelo se ha calibrado, puede ser un elemento estratégico en la toma de decisiones y en la reducción de costos con respecto a la necesidad de complementar las obras planteadas en un proyecto.

Aunque los elementos finitos ofrecen ventajas de cálculo y de visualización de resultados frente a los métodos clásicos, estos últimos aportan una sencillez que permite conceptualizar la dimensión de la estructura.

En este artículo se presentan los resultados de un análisis retrospectivo de las deformaciones y presiones de tierra que pueden actuar sobre una pantalla de concreto instrumentada y que se han comparado con métodos convencionales de diseño.

## METODOLOGÍA

El procedimiento básico para el retroanálisis planteado fue el siguiente:

- Evaluación de un proyecto de excavación profunda en el ambiente lacustre de la ciudad de Bogotá, en el cual se empleen pantallas de concreto preexcavadas. Dicha estructura se debe instrumentar con inclinómetros y, en la medida de lo posible, con algún otro tipo de instrumentación geotécnica.
- Recopilación de información de investigación geotécnica.
- Planteamiento y definición del modelo geotécnico.
- Modelación numérica y cálculo de las deformaciones y presiones de tierra ejercidas sobre la estructura, empleando el programa de elementos finitos (Phase). Esta modelación será iterativa y buscará ajustar los niveles de deformación instrumentados con los calculados por el modelo numérico; dicha retrospectiva se basará en el ajuste de los parámetros geotécnicos de resistencia.
- Evaluación de presiones de tierra por el método de Peck y Rankine y comparación.

La información relativa a la localización del proyecto se reserva por solicitud de los clientes y de las empresas que suministraron la información de instrumentación. Cabe destacar que este artículo forma parte de una investigación en curso y con lineamientos hacia el futuro.

## GENERALIDADES DE LAS PANTALLAS DE CONTENCIÓN

Los muros pantalla presentan notables ventajas, como la posibilidad de alcanzar grandes profundidades, con presencia o no del nivel freático, atravesar estratos en los cuales no es posible hincar tablestacas, menor ruido y vibración durante su ejecución, entre otras cualidades; además, como lo indica su nombre, se deforman para resistir los empujes del terreno.

Los muros pantalla de concreto son elementos continuos que se construyen en paneles discontinuos, directamente en el terreno desde la superficie. La estabilidad de la zanja en la cual se construyen dichos módulos se garantiza por el uso de diversos lodos tixotrópicos.

El diseño de pantallas tiene por objeto definir la profundidad de empotramiento, calcular las reacciones en los apoyos, estimar los esfuerzos y deformaciones en la pantalla; además, se deben considerar los siguientes aspectos:

- Estabilidad de la pantalla frente a los empujes de tierra, lo que implica un equilibrio entre las cargas previstas en los sistemas de contención y el empuje pasivo de la zona empotrada, respecto del empuje activo en el espaldar de la pantalla.
- Estabilidad general o global de la estructura y el talud.
- Estabilidad del fondo de la excavación, lo cual se refiere a la posibilidad de sifonamiento y al levantamiento de fondo.

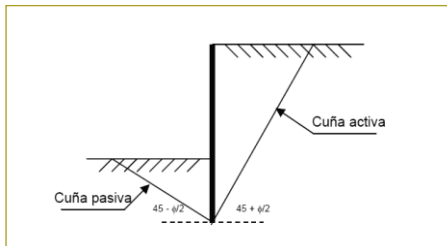
Entre las metodologías empleadas históricamente (Moya, 2007), para el cálculo de este tipo de estructuras se encuentran las siguientes:

- *Métodos clásicos.* Se basan en consideraciones básicas de equilibrio límite.
- *Métodos semiempíricos.* Se basan en conceptos de equilibrio límite, pero con modificaciones empíricas deducidas de estudios experimentales o mediciones en casos reales.
- *Métodos de interacción suelo - estructura.* Se basan en consideraciones de interacción suelo - estructura, por lo que se puede incluir en este método el modelo de Winkler o del coeficiente de reacción, los cuales suponen que la reacción del suelo en un punto de la pantalla depende sólo del desplazamiento de dicho punto.
- *Métodos numéricos.* Son más precisos y versátiles que los anteriores, aparte de que pueden modelar con mayor grado de similitud la realidad del problema.

### Métodos clásicos (equilibrio límite y semiempírico)

Los métodos clásicos se basan en las teorías de equilibrio límite, cuya hipótesis principal es que el cuerpo se encuentra en equilibrio a lo largo de ciertas líneas de deslizamiento, las cuales limitan la cuña de rotura sobre la que se produce el movimiento de la masa.

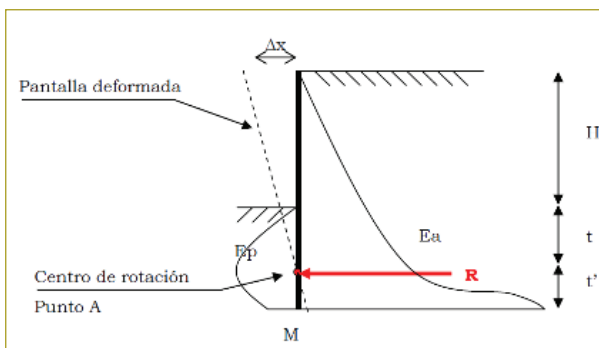
Estos métodos consideran que los desplazamientos de la estructura han sido suficientemente grandes para alcanzar los estados límites activo y pasivo del terreno.



**Figura 1.** Modelo simplificado de cuñas de rotura en un muro pantalla (autor).

A continuación se presenta de manera sucinta la eficacia de los métodos convencionales, sin entrar en detalle con otros métodos, como el empírico de Peck (1969) y Rankine.

Las pantallas en voladizo resisten el empuje de tierras cuando se equilibran los momentos actuantes contra los resistentes en un punto de giro determinado; es decir, cuando los empujes activos se contrarrestan con los pasivos de la parte empotrada.



**Figura 2** Pantalla de contención en voladizo (diagrama simplificado de cuerpo libre). (Notas de clase: Julio Moya, 2007).

Con un análisis de diagrama de cuerpo libre, se puede determinar:

- Longitud de empotramiento mínima,  $t$  (tomando momentos en relación con A;  $\Sigma MA = 0$ ):

$$E_a \cdot \frac{1}{3} \cdot (H + t) - E_p \cdot \frac{1}{3} \cdot t = 0 \rightarrow K_a \cdot (H + t)^3 = K_p \cdot t^3;$$

$$\sqrt[3]{K_a} \cdot (H + t) = \sqrt[3]{K_p} \cdot t \rightarrow \frac{H + t}{t} = \sqrt[3]{K_p / K_a}$$

La longitud de empotramiento será:

$$t = H \cdot \left( \frac{1}{\sqrt[3]{K_p / K_a} - 1} \right)$$

- Profundidad del momento máximo,  $Z_{m\acute{a}x}$ :

Suponiendo  $E_a = E_p$

$$\frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (H + z_{m\acute{a}x})^2 \cdot K_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot z_{m\acute{a}x}^2 \cdot K_p;$$

$$H + z_{m\acute{a}x} = z_{m\acute{a}x} \cdot \sqrt{K_p} \rightarrow z_{m\acute{a}x} = H \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{K_p} - 1} \right)$$

Ahora, la profundidad del momento máximo es:

$$z_{m\acute{a}x} = H \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{K_p} - 1} \right)$$

- Valor del momento máximo,  $M_{m\acute{a}x}$ :

Se supone que el esfuerzo cortante es nulo.

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{1}{6} \cdot \gamma \cdot K_p \cdot H^3 \cdot \left( \frac{1}{[\sqrt{K_p} / K_a - 1]^2} \right)$$

La ecuación anterior se puede también escribir en función de la profundidad del momento máximo como sigue:

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{1}{6} \cdot \gamma \cdot K_a \cdot (H + Z_{m\acute{a}x})^3 - \frac{1}{6} \cdot \gamma \cdot K_p \cdot z_{m\acute{a}x}^3$$

### Métodos semiempíricos

La principal o más reconocida metodología empírica, planteada por Terzaghi y Peck (1969), define tres diagramas de presiones aparentes para arcillas y arenas.

## RETROANÁLISIS: APLICACIÓN DEL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

Las propiedades del modelo geotécnico (cohesión, ángulo de resistencia interna, módulo de elasticidad, relación de Poisson y peso unitario) son datos de entrada básicos en la simulación numérica. Para las arcillas de Bogotá se han encontrado los siguientes valores típicos de los parámetros de resistencia en términos de la envolvente de Mohr-Coulomb:

Esfuerzos efectivos:

$$c' = 0 - 0,45 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$$\phi' = 20^\circ - 35^\circ$$

Esfuerzos totales (Moya, 1987):

$$c' = 0,1 - 0,5 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$$\phi' = 10^\circ - 20^\circ$$

## CASO DE ESTUDIO

### Generalidades y sección tipo

El paso a desnivel o deprimido se proyectó mediante la construcción de pantallas preexcavadas, apuntaladas en las partes superior e inferior con vigas de concreto reforzado. Las pantallas se construirán antes de iniciar la excavación. En términos generales, el paso a desnivel tendrá las siguientes dimensiones:

Longitud total: 400 m, ancho máximo: 11,0 m, profundidad máxima: 7,0 m, profundidad de la pantalla: 15,0 m, ancho de la pantalla: 0,35 m. Viga puntal superior: altura: 0,80 m, ancho: 0,5 m. Viga puntal inferior: altura: 0,8 m, ancho: 0,5 m.

La pantalla tiene un espesor de 0,35 m y longitud de 15,0 m. En la siguiente planta y corte se esquematiza el proyecto estructural para la sección de mayor profundidad de excavación y se resume lo expuesto en el anterior párrafo (figura 3):

Las hipótesis en la modelación numérica fueron las siguientes:

- Se escogió como ley constitutiva de los elementos de suelo el modelo elastoplástico (no lineal) de Mohr - Columb, con una misma función de fluencia y falla.
- Se escogió como ley constitutiva de los elementos estructurales (vigas en concreto, pantallas en concreto) el modelo elastolineal, que usa la teoría convencional de vigas (Timoshenko).

Las presiones laterales se calcularon a partir de las siguientes teorías o métodos:

- Teoría de Rankine.
- Método empírico de Peck.

Adicionalmente, los análisis se hicieron con las siguientes consideraciones:

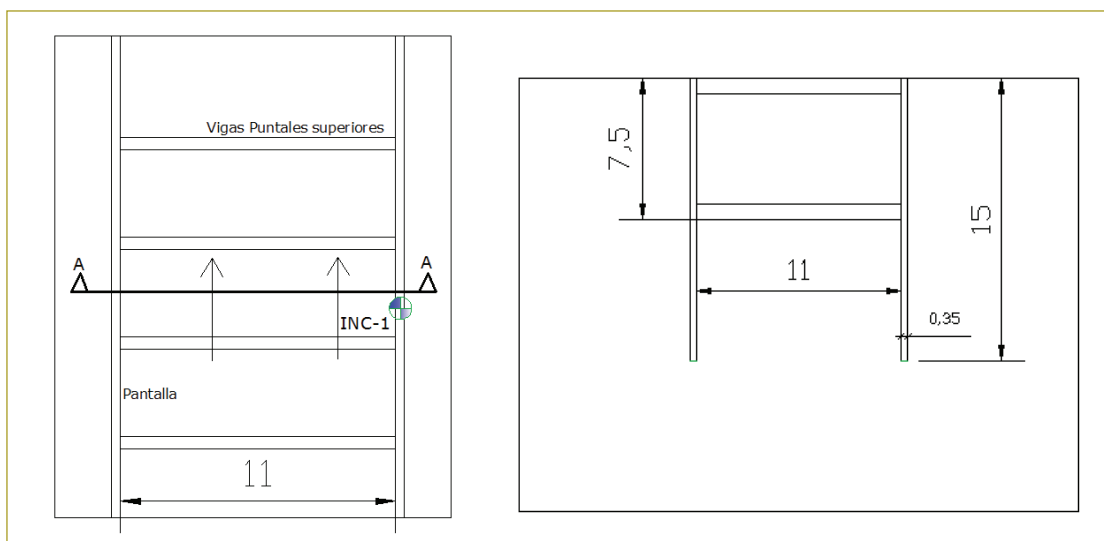


Figura 3. Planta y corte esquemático transversal del proyecto (sección A-A).

- Por un proceso iterativo se modificaron los parámetros de resistencia de los materiales hasta ajustar aproximadamente las deformaciones numéricas con las obtenidas de campañas de instrumentación. El peso unitario y la relación de Poisson se tomaron como valores fijos y no como variables dentro de los análisis.
- La evaluación de deformaciones y presiones de tierra se ha realizado para la etapa constructiva que ha reportado mayor desplazamiento; es decir, para un solo instante de obra y para una sola sección geotécnica en cada caso de estudio.
- La altura del nivel freático se tomó como el promedio de las mediciones para la etapa constructiva correspondiente y con piezómetros aledaños o cercanos a la sección geotécnica de interés.
- El criterio general para definir la similitud de deformaciones entre los resultados de campañas de instrumentación y los resultados numéricos fue el siguiente:
  - En la corona y la base de la excavación se procuró que las deformaciones coincidieran con un margen de 0,50 cm.
  - En los demás puntos de la sección de análisis se admitió que las deformaciones tuvieran un margen de 1,0 a 1,5 cm.
- Con el fin de densificar la malla, y por ende la discretización del medio, se adicionaron fronteras alrededor de la pantalla (*boundaries*) que han permitido mejorar los resultados.

Para este proyecto, luego de finalizar el retroanálisis, se obtuvieron los siguientes resultados:

El nivel freático o nivel de agua libre se adoptó a  $-2,50$  m de profundidad.

### Proceso constructivo

Con el propósito de modelar la excavación en el programa de elementos finitos Phase de Rocscience, se han seguido las etapas constructivas que corresponden al proceso constructivo ejecutado durante el desarrollo de la obra.

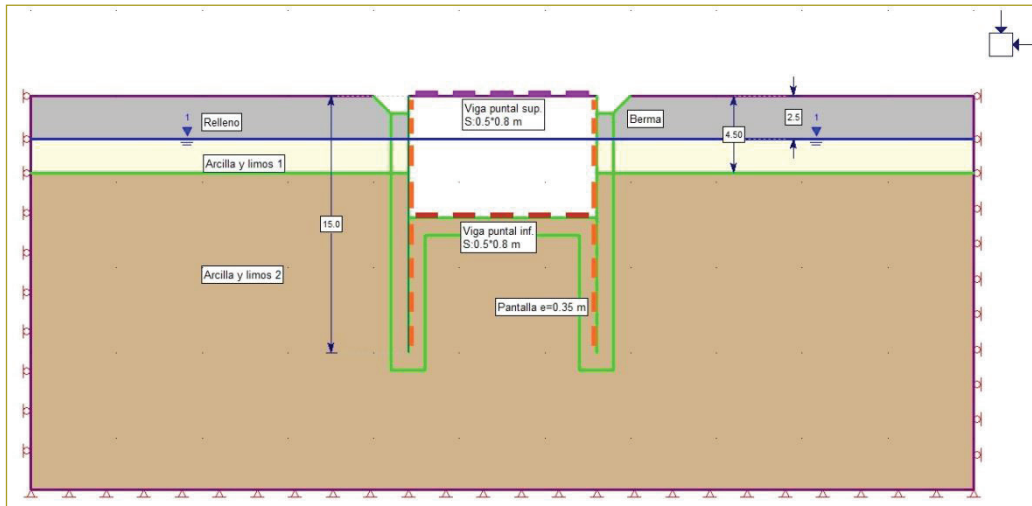
Etapa constructiva N.º	Descripción
1	Inicialmente se procede a replantear y fundir las pantallas de espesor 0,35 m y 15 m de profundidad.
2	Excavación general de $-1,0$ m con sobreebanco de 2 m y taludes temporales con inclinación 1H:1V. Construcción de la viga cabezal.
3	Construcción de las vigas puntales superiores (S:0,8 x 0,50 m).
4	Excavación hasta la cota $-7,50$ m, por trincheras con anchos inferiores a 7,0 m. Construcción de la viga cabezal inferior. (S:0,8 x 0,50 m).
5	Construcción de la viga puntal inferior y la placa de fondo.

A continuación se presenta el modelo geotécnico asumido para los análisis respectivos y su implantación en el programa de elementos finitos (figura 4).

Profundidad		Material	$\phi_p$	$\phi_r$	$C_p$	$C_r$	Peso unitario	E	$\nu$
(m)			(°)	(°)	ton/m <sup>2</sup>	ton/m <sup>2</sup>	ton/m <sup>2</sup>	ton/m <sup>2</sup>	-
0	2,5	Relleno	28	24	0,0	0,0	1,7	550	0,35
2,5	4,5	Arcilla (CH)	26	23	1,2	0,5	1,5	950	0,4
4,5	24	Arcilla limosa (MH-CL)	23	20	0,8	0,3	1,4	750	0,4

$\phi_p$ : ángulo de resistencia pico;  $\phi_r$ : ángulo de resistencia residual;  $C_p$ : cohesión pico;  $C_r$ : cohesión residual; E: módulo de elasticidad;  $\nu$ : relación de Poisson.





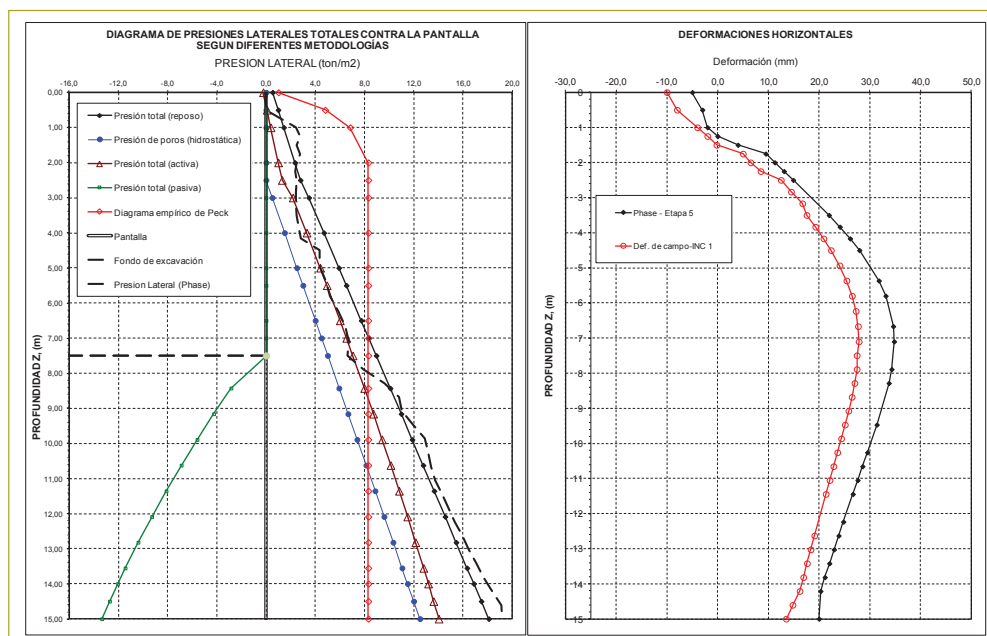
**Figura 4** Caso de estudio. Modelo geotécnico establecido en el programa de elementos finitos Phase. Etapa 8 del proceso constructivo.

A renglón seguido se muestran los resultados gráficos de presiones de tierra (en  $\text{ton}/\text{m}^2$ ) y deformaciones horizontales (en mm).

### CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y CONSIDERACIONES

Algunas de las principales conclusiones y consideraciones son:

- Los métodos clásicos de cálculo de pantallas poseen simplificaciones y adoptan hipótesis que los alejan del verdadero comportamiento real. El empleo de estas medidas simplificadoras aporta fiabilidad gracias a las hipótesis conservadoras que intervienen en el proceso de cálculo y que se reflejan en los factores de seguridad.
- En el ámbito profesional, es poco frecuente el uso de programas de elementos finitos en la modelación de



excavaciones profundas o en otro tipo de problemas geotécnicos. Por la experiencia del autor, es bastante común que los estudios de suelos y cimentaciones no dispongan de los recursos para medir en campo o laboratorio los parámetros de deformabilidad, módulo de elasticidad y relación de Poisson, lo cual obligó en algunos casos a la correlación de éstos con base en otras variables o a partir de referencias bibliográficas.

- En la práctica, sólo se trabaja con parámetros de resistencia no drenada ( $C_u$ ) y no es habitual obtener los parámetros de resistencia en términos de esfuerzos totales y efectivos. En resumen, se puede concluir que es muy importante determinar  $E$  y  $\nu$ , pues son parámetros básicos en la aplicación de un programa de elementos finitos.
- Los métodos de equilibrio límite y empíricos proporcionan una alternativa sencilla y rápida de verificación de resultados e idea de orden de magnitud con respecto a los resultados de la metodología más sofisticada de elementos finitos.
- El tema de los movimientos alrededor de las excavaciones es importante a causa de las consideraciones legales por falla de estructuras vecinas. En arcillas blandas a media los movimientos máximos son una función de factor de seguridad contra la falla de base. Las deformaciones varían entre 0,50 % H para  $F_s > 2,0$  a 2 % H para  $F_s < 1,2$ .
- Los modelos numéricos permiten estimar deformaciones, optimizar procedimientos constructivos, y calcular la seguridad de las etapas y solicitaciones en la pantalla.
- Las cuñas de falla obtenidas por métodos analíticos y elementos finitos no son idénticas pero mantienen una buena similitud. Las principales diferencias se pueden deber a cambios en la distribución de esfuerzos, efectos locales o simplificaciones de los métodos analíticos.
- El análisis de esfuerzos y deformaciones en el espaldar de la pantalla permite deducir que las presiones de tierra de carácter activo comienzan a actuar desde los primeros momentos de la excavación. Sin embargo, en la zona del espaldar y bajo la cota de excavación existen diferencias con respecto a las predicciones de los métodos de equilibrio límite, pues las presiones de tierra se mantienen más cercanas al estado de reposo, por lo que un aumento

de empotramiento de la pantalla no contribuye a un incremento de seguridad significativo.

- Con la modelación por etapas de los casos de estudio, pudo observarse que los esfuerzos horizontales disminuyen a medida que avanza la excavación.
- La metodología propuesta por Peck (1969) tiene las siguientes limitaciones que deben tomarse en cuenta: el método presenta envolventes de presiones de tierras para sólo dos tipos de suelos y se desarrolló para análisis de soportes laterales temporales de excavaciones y para materiales arenosos; supone que la excavación está por encima del nivel freático abatido y que hay un descenso significativo del nivel freático detrás del muro.
- En todos los casos de estudio las presiones de tierra estuvieron próximas a las presiones de Rankine, pero en los últimos metros de empotramiento las presiones laterales calculadas numéricamente fueron cercanas a la presión en reposo o superadas un poco.
- Los valores de desplazamiento se ajustaron bastante bien con los criterios establecidos en la parte inicial del capítulo 7; sin embargo, no se logró un ajuste más cercano a los valores registrados en la campaña de instrumentación seleccionada.
- Aunque los expertos consideran que el modelo MH es una aproximación de primer orden; puede ser muy útil si las etapas constructivas de la modelación son consecuentes con el desarrollo de la obra y quizás más aún si existe articulación entre la programación de ensayos y la modelación que se pretenda realizar.

Para futuras investigaciones se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Se considera que modelaciones físicas (modelos a escala), con un adecuado sistema de automatización de instrumentos, pueden emplearse para verificar o calibrar modelos numéricos que apliquen las metodologías de los elementos finitos.
- Con respecto a los programas de instrumentación o proyectos investigativos, se propone emplear otros dispositivos de control de empujes del terreno sobre las pantallas, como la combinación entre celdas de carga y celdas de deformación instaladas dentro de la estructura. Con estos resultados directos se podría deducir la distribución de empujes del terreno sobre la pantalla y compararlos con los modelos numéricos

y teóricos habituales, además de que pueden utilizarse como puntos de control o referencia.

- La solución de problemas geotécnicos y la consecuente predicción del comportamiento del suelo requieren tres elementos:
  - Modelos que describan el verdadero comportamiento del suelo.
  - Métodos para evaluar parámetros requeridos del suelo.
  - Procedimientos computacionales para aplicar el modelo a problemas prácticos y verificación de algunos de sus resultados con métodos de equilibrio límite.

### Agradecimientos

El autor agradece a las firmas Ingeniería y Geotecnia Ltda., Geotecnia y Cimentaciones y Salazar Ferro, por facilitar la información de sus proyectos y los resultados de instrumentación geotécnica. También le da las gracias

al ingeniero José Vicente Amórtegui por su dirección y cooperación.

### REFERENCIAS

- Bowles, J.E. (1996). *Foundation Analysis and Design* (5<sup>th</sup> ed.). Illinois: McGraw-Hill, pp. 185, 190.
- Das, B.M. (2006). *Principios de ingeniería de cimentaciones* (5.<sup>a</sup> ed.). México: Thomson, pp. 90-150.
- González de Vallejo, L.I., Ferrer, M., Ortuño, L. & Oteo, C. (2002). *Ingeniería geológica*. Madrid: Prentice Hall, pp. 185-200.
- Lizcano, A. (2004). Modelación física y numérica de un tablestacado. *Memorias X Congreso Colombiano de Geotecnia y V Seminario de Colombiano de Geotecnia*. Paipa, Colombia: Sociedad Colombiana de Geotecnia, 10-13 de agosto, pp. 333-340.
- Moya Barrios, J.E. (1987). El subsuelo de Bogotá y los problemas de cimentaciones. VII Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones. Cartagena: Sociedad Colombiana de Geotecnia, 197-264.
- Moya Barrios, J.E. & Salazar Ferro, R. et al. (2010). *Excavaciones en condiciones complejas* (2.<sup>a</sup> ed.). Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, pp. 5-170.
- Moya Barrios, J.E. (2007). Notas de clase de estructuras de contención. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, pp. 1-40.
- Rocscience (2010). Manual de Phase 2, versión 6.0, Toronto. Disponible en [www.roccscience.com/downloads/phase2/webhelp/tutorials/Phase2\\_Tutorials.htm](http://www.roccscience.com/downloads/phase2/webhelp/tutorials/Phase2_Tutorials.htm).

# Rol de la mujer en la gerencia de proyectos en Bogotá

## Women's role in project management in Bogotá

MAYRA LORENA VIVAS RIVERA - GERMÁN EDUARDO GIRALDO GONZÁLEZ -  
CÉSAR AUGUSTO LEAL CORONADO

Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

cesar.leal@escuelaing.edu.co - german.giraldo@escuelaing.edu.co - mayra.vivas@mail.escuelaing.edu.co

Recibido: 14/10/2016 Aceptado: 31/10/2016

Disponible en <http://www.escuelaing.edu.co/revista.htm>

### Resumen

En este artículo se presenta información exploratoria acerca del perfil y otros aspectos relevantes del rol de la mujer en la gerencia de proyectos en Bogotá. En primer lugar, se señala la importancia de la gerencia de proyectos en las organizaciones y la incidencia del sexo en el desempeño del cargo. Posteriormente, mediante la aplicación de cuestionarios estructurados, se muestran los resultados de entrevistas a mujeres gerentes de proyectos pertenecientes a varios sectores y sus jefes directos. Con base en los resultados, se identifican características de la mujer en el rol de gerente de proyectos y se discuten las diferencias encontradas con sus pares hombres, comparando con lo encontrado en la bibliografía existente. Una conclusión reveladora es que la mujer no presenta diferencias significativas con respecto al hombre, en cuanto a sus capacidades o competencias para ejercer el rol, y que las barreras de género han perdido importancia para la mujer en el terreno laboral. Con todo, el mayor reto de la mujer sigue siendo lograr un equilibrio adecuado en el manejo de su tiempo, debido a las múltiples tareas que debe realizar, asociadas aún a los roles que la sociedad le asigna. Este estudio contribuye a ampliar la información existente sobre el papel de la mujer en la gerencia de proyectos, con el fin de mejorar su participación y aumentar el éxito de los proyectos en Colombia.

**Palabras claves:** mujeres, gerencia de proyectos, Colombia, rol, perfil, caracterización.

### Abstract

In this paper, we will identify women's profiles in project management in Colombia. First, an introduction about the research is made; highlighting how important project management is for organizations and the influence of gender on the performance of this job. Two types of interviews and one questionnaire were applied to women project managers and their direct supervisors. Characteristics of women project managers are identified and differences with their male peers are discussed. A revealing conclusion was that there are not any significant differences with men, regarding their capacity or competence to perform in a project manager role, and that gender barriers have become less important for women in the workforce. However, the biggest challenge women still have is to find a balance in their time management, due to the multiple tasks they must perform associated with roles that society still assigns to them.

**Keywords:** women, project management, Colombia, role, profile, characterizations.

## INTRODUCCIÓN

Las organizaciones, en las últimas décadas, han identificado que la gerencia de proyectos es el aspecto influenciador de mayor importancia para el éxito o fracaso de las operaciones (Giraldo et al., 2013). Este papel lo ejercen tanto hombres como mujeres, con características diferentes desde su condición de género, pero en busca de los mismos resultados. Aunque el rol es el mismo, las mujeres, en el ámbito de la gerencia moderna de proyectos, enfrentan desafíos diferentes a los de los hombres, tanto profesionales como personales, lo que requiere una combinación de competencias claves y sacrificio (Finnegan, 2008). Burba (2010) explica que “una mujer que trabaja en un ambiente dominado por hombres seguramente tendrá que trabajar el doble para probar que es la mitad de buena”. Actualmente, existe una brecha entre mujeres y hombres con respecto a las responsabilidades, cargos y salarios, algunos de los cuales se deben a la falta de equilibrio entre el trabajo y el hogar, la poca participación en roles tradicionalmente ocupados por hombres y comúnmente relacionados con la gerencia de proyectos, y otros que tienen que ver con aspectos culturales, nivel educativo, competencias para ejercer trabajos complejos y los estereotipos de género (Vincent, 2013).

Con base en lo anterior, es de suma importancia investigar si esto último afecta de alguna manera el desempeño de los proyectos liderados por mujeres u hombres, además de identificar las principales diferencias, ventajas y desventajas según el género. En Colombia, por ejemplo, no se cuenta con información acerca de estas diferencias con respecto al rol de gerente de proyectos, por lo que uno de los objetivos de este artículo es brindar herramientas de juicio y comparación que permitan iniciar una exploración de los aspectos claves que diferencian a mujeres y hombres en este rol, aportando información esencial para investigadores, industria, gobierno y sociedad en general, y que contribuya al logro de más participación, igualdad y éxito de las mujeres en el campo laboral, así como a fomentar la diversificación de equipos en las empresas para obtener mayores beneficios.

## REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

Hasta hace muy poco se pensaba que el rol de gerente de proyectos lo desempeñaban en su mayoría hombres, con

un porcentaje superior al 70 % (Burba, 2010), situación que ha venido cambiando por diversos factores, pero el principal ha sido el incremento de la fuerza laboral femenina; por ejemplo, en Colombia el número de mujeres en posiciones directivas y gerenciales aumentó 168 % entre los años 1970 y 1990 (Gualdrón & Varela, 2012). Otras razones incluyen una mayor independencia económica de las mujeres, sus nuevos intereses y un mejor manejo del tiempo, que se comparte típicamente entre el hogar y el trabajo.

Por otra parte, se tiene evidencia de que las organizaciones con mayor diversificación mujeres-hombres son más exitosas (Bradley, Coleman & Okoro, 2014), además de que hay una relación directa entre la rentabilidad de la empresa y la presencia de mujeres en la alta dirección (OIT, 2015); en resumen, diversificar los equipos de trabajo permite obtener mejores resultados (Khalid, 2014).

En la bibliografía existente se encuentra evidencia, en diversas investigaciones, que buscan principalmente definir si las mujeres son menos competentes para ejercer el cargo que los hombres. Algunas conclusiones sostienen que tanto mujeres como hombres se encuentran al mismo nivel en lo referente a habilidades gerenciales, aunque evidentemente cada género tiene sus propias ventajas sobre el otro (Artiti & Balshi, 2009). Khalid (2014) afirma que se han creado con el tiempo estereotipos ridículos y que definitivamente la efectividad en la gerencia de proyectos no depende del género.

Es claro que las mujeres presentan un mejor desarrollo en sensibilidad, enfoque en el cliente y autoridad (Artiti & Balshi, 2009), pero esto ha ocasionado que ellas se dediquen a estas funciones la mayoría del tiempo, lo que produce deficiencias en cuanto a falta de experiencia en otros campos y genera barreras para ocupar cargos de mayor importancia en las organizaciones (OIT, 2015). De allí surge también el término “techo de cristal”, una barrera invisible que no permite el avance de la mujer dentro de la jerarquía organizacional (Jonge, 2014), fenómeno que se ve influenciado directamente por las relaciones interpersonales y el sector de la economía al que pertenece la empresa. Además, hay una relación directa entre la edad de la mujer y su falta de progreso (Jyrkinen, 2013), por lo que la edad representa una limitante para llegar al nivel más alto de las organizaciones; además, se entiende que este techo de cristal no existe para los hombres.



Con respecto a los sectores de la economía, aún existen algunos dominados por hombres, como el de la construcción (Artiti & Balshi, 2009), en el cual se observa una participación minoritaria de mujeres debido a las exigencias del sector y a los prejuicios de género (Jaafar & Othman, 2014). Así mismo, se advierte baja participación de la mujer en el sector de la tecnología (Legault & Chasserio, 2011), con desigualdad de género en los proyectos relacionados con desarrollo de *software* (Malyadri & Sumana, 2012), por lo que se le sigue considerando un sector dominado por hombres (Qureshi et al., 2010). Sin embargo, existen algunos con mayor participación de las mujeres en cargos directivos, como los sectores de servicios de salud y financieros (Jonge, 2014).

En cuanto al tipo de proyecto, es común observar algunos más aceptados por las mujeres para su desarrollo y ejecución. Por ejemplo, se dice que ellas tienden a participar mayoritariamente en proyectos pequeños y no tan costosos (Henderson & Stackman, 2010), debido a su condición familiar y a sentirse gerentes de proyectos más débiles con respecto a sus pares hombres y en relación con su condición física y emocional (Khalid, 2014).

Por lo general, la mujer debe lidiar con estereotipos y prejuicios impuestos por la sociedad, que dependen de la cultura de cada región o país. Berthelot (2012) afirma que son tres: estereotipos de género, recordación por los estereotipos y reglas más rigurosas para las mujeres. Las evaluaciones, aplicadas a las mujeres, también se ven influenciadas por estereotipos de género (Genat, 2012); debido a esto, se generan situaciones en las que las mujeres se inclinan por adoptar un rol masculino, como en el sector de la construcción (Cristina Poleacovschi, 2014), donde se marginaliza el comportamiento femenino y es causa de deserción laboral (Jaafar & Othman, 2014). Además, los hombres han definido muchas posiciones de liderazgo en las que se toman decisiones importantes y se tienen personas a cargo, lo que hace que la mujer no sea “apta” para ocupar estas posiciones (Kusterer, 2014). Se cree que una buena solución para combatir estos prejuicios es enfocarse en una cultura de aprendizaje, donde se genere una diversificación de estrategias y cambios en los campos dominados por hombres, de modo que mujeres calificadas tengan una probabilidad más alta de ocupar estas posiciones con éxito (Genat, 2012).

En general, se considera que las mujeres realizan un mayor esfuerzo que sus pares hombres, tanto en el trabajo como en el entorno familiar, donde deben planear y ejecutar un gran número de actividades en paralelo (Wolf, 2010); se menciona que uno de los mayores retos que debe enfrentar la mujer es encontrar el equilibrio entre la vida familiar y laboral, por lo que las organizaciones tienden a generar políticas flexibles, orientadas a lograr una mayor participación de las mujeres. Aunque el mercado laboral avanza hacia políticas de igualdad, algunos autores (incluso mujeres) consideran estas políticas como discriminatorias, pues causan la reducción de los requerimientos y exigencias laborales y, por ende, resultan en la contratación de personal menos calificado (Van de Brink, 2013). Van de Brink reitera la importancia de entender que este tipo de programas impulsan la creación de una ventaja competitiva, alimentada por la diversificación de los equipos y la participación activa de cada integrante.

## METODOLOGÍA

Esta investigación se basa en experiencias, trayectorias y perspectivas de las mujeres participantes, con enfoque cualitativo y alcance exploratorio (Hernández, 2010). Para ello, luego de varias reuniones de discusión en un grupo conformado por siete expertos profesionales en gerencia de proyectos y con relación directa con la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, se decidió utilizar como instrumento para la recolección de la información una entrevista estructurada, en la que se tomaron en cuenta los elementos relacionados en la encuesta realizada para el trabajo de grado de maestría denominado “Caracterización del rol actual de la mujer en la gerencia de proyectos en Colombia”. Por último, para garantizar la validez del instrumento se les hizo una prueba piloto a tres mujeres gerentes de proyectos, para luego aplicar la entrevista a la muestra de trece mujeres y cinco jefes directos en la ciudad de Bogotá, D.C.

La entrevista consta de 20 y 21 preguntas, para gerentes de proyectos mujeres y jefes directos, respectivamente, divididas en cuatro categorías: características generales, que se refiere a la condición de cada persona; trayectoria profesional, que tiene relación con la experiencia laboral; rol de la mujer como gerente de proyectos en la organización, que considera los aspectos de género en el ejercicio de la gerencia de proyectos,



y desempeño de la mujer en la gerencia de proyectos, donde se hace una autoevaluación comparativa con respecto al desempeño de los hombres. Adicionalmente, se incluye un cuestionario con ocho preguntas cerradas sobre el perfil profesional y datos demográficos de los participantes.

La búsqueda de los participantes se realizó en dos fases importantes, gerentes de proyectos y jefes de gerentes de proyectos, de la siguiente manera:

En la primera fase se contactó a mujeres estudiantes y graduadas de los programas de maestría y especialización en Desarrollo y Gerencia Integral de Proyectos de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. En la segunda fase, se utilizó la red social de negocios LinkedIn en busca de hombres y mujeres gerentes de proyectos y sus correspondientes jefes directos. Luego se solicitó a las personas identificadas que referenciaran gerentes de proyectos y jefes directos para aplicar el instrumento.

Los perfiles identificados corresponden a los siguientes criterios de búsqueda: mujer, perteneciente a cualquier sector, que haya desempeñado o se encuentre ejerciendo el rol de gerente de proyectos, que tenga conocimientos básicos o estudios en temas relacionados con gerencia de proyectos, preferible pero no necesariamente con certificaciones en temas relacionados (como *Project Management Professional*, PMP del Project Management Institute, PMI), con cursos, diplomados, especialización o maestría relacionada con gerencia de proyectos y que trabaje preferiblemente en la ciudad de Bogotá, D.C. Los criterios para los jefes directos: hombres o mujeres que hubieran tenido o tengan actualmente a su cargo gerentes de proyectos mujeres, pertenecientes a cualquier sector.

Se entrevistó a trece mujeres gerentes de proyectos y a cinco jefes directos (dos hombres y tres mujeres). Posteriormente, se transcribieron las entrevistas y se realizó el análisis cualitativo de la información en MS Excel; durante el análisis, se tabularon las respuestas comunes, frecuentes y relevantes. Finalmente, se generaron gráficos, se discutieron hallazgos, se sacaron conclusiones y se hicieron recomendaciones.

## RESULTADOS

A continuación se muestran hallazgos de las trece entrevistas. Se otorgó mayor importancia a las respuestas

de comparación entre géneros que tuvieran una autoevaluación o autocrítica de las mujeres gerentes de proyectos en cuanto al desempeño en el rol, habilidades y desempeño en la organización.

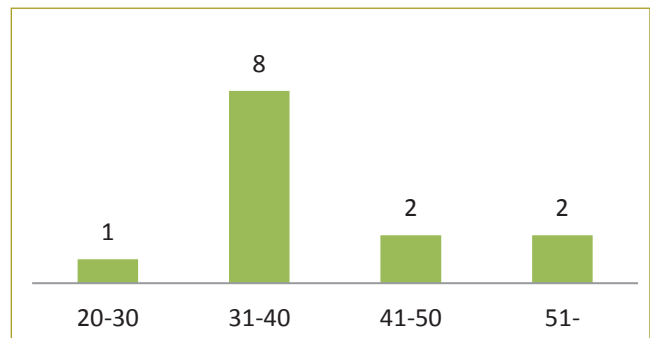
### Características generales

Seguidamente se pueden observar las características generales de las gerentes de proyectos entrevistadas (tabla 1).

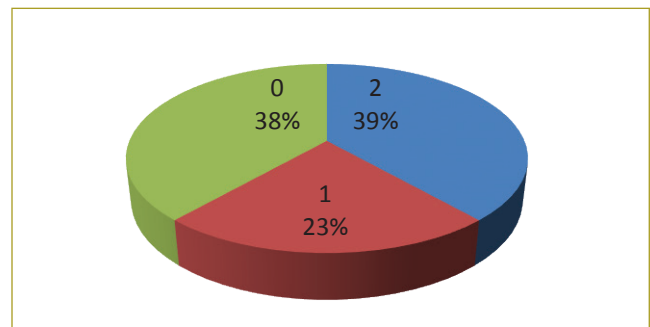
**Tabla 1**  
Características generales

Denominación del cargo	Gerente de proyecto
Edad	30-40 años
Estado civil	Casada
Número de hijos	Entre uno y dos
Nivel educativo	Posgrado
Nivel educativo en gerencia de proyectos	Certificación

A renglón seguido se presentan tanto el rango de edad como el número de hijos de las entrevistadas (figuras 1 y 2).



**Figura 1. Edad.**



**Figura 2. Número de hijos.**

En lo referente al nivel educativo de las entrevistadas en cuanto a gerencia de proyectos, la mayoría cuentan con certificaciones PMP (PMI) y consideran necesaria, pero no vital, la educación y formación específica para el adecuado desempeño del rol (figura 3). De las trece encuestadas, cinco consideran que los hombres alcanzan mayores niveles educativos que las mujeres y afirman que la razón obedece a que éste se ha considerado tradicionalmente como un rol masculino, por lo que los hombres tienden a prepararse más en estos temas.

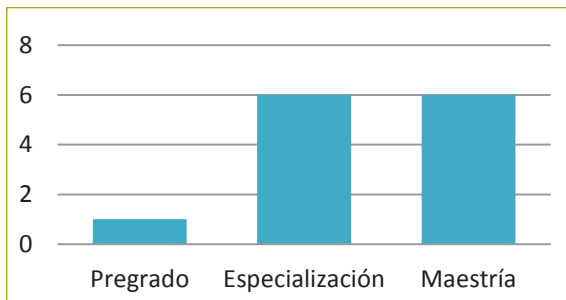


Figura 3. Nivel educativo.

### Trayectoria profesional

El 85 % de las encuestadas piensan que no hay diferencia en el tiempo que le toma a una mujer ejercer el rol de gerente de proyectos con respecto al tiempo que le toma a un hombre. Sin embargo, reconocen que el esfuerzo necesario para demostrar que cuentan con el perfil requerido es mayor que el que debe hacer un hombre.

En cuanto a las funciones y responsabilidades asignadas a mujeres y a hombres, la mayoría de las gerentes aseguran que el cargo cuenta con un perfil establecido, que además no cambia debido al género.

No se detectan preferencias por mujeres u hombres en los procesos de selección efectuados en las organizaciones. Se afirma, con respecto a las cualidades, que dos ventajas que tienen las mujeres sobre los hombres son capacidad de organización y mejor desempeño en el seguimiento y control.

### Rol de la gerente de proyectos en la organización

Según las entrevistadas, los aspectos que pueden influir en la selección de una mujer en el cargo de gerente de proyectos son:

- *Orden público.* Aunque la mayoría de las entrevistadas no ha tenido esa experiencia.
- *Estado civil.* No debería influir. La razón es disponibilidad de tiempo.
- *Edad.* “Edad y experiencia son determinantes”. Además, hay proyectos que demandan más energía que otros.
- *Apariencia física.* No influye, pero la presentación personal es esencial, ya que esto habla de la persona y su actitud.

Existen diferencias entre hombres y mujeres, principalmente en la forma de afrontar los problemas: “Sí hay diferencias en este aspecto, debido a la emotividad de la mujer; el hombre es más práctico, mientras que la mujer intenta entender la razón y fondo del problema”. En general, las mujeres consideran que generan más confianza que los hombres y lo ven como una ventaja sobre ellos.

Con respecto a la remuneración, diez de las trece entrevistadas no perciben diferencias.

En cuanto a la preferencia de una mujer o un hombre como jefe directo, la mayoría de las gerentes de proyectos indican que no tienen preferencia en ese sentido. No obstante, al preguntar a cuál de los dos prefieren para que sean sus jefes directos, ninguna se inclina por una mujer, debido a que la mujer es más exigente y detallista, lo que tiende a generar conflictos (figura 4).

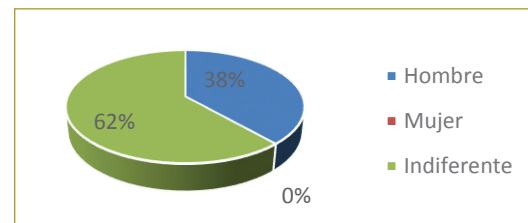
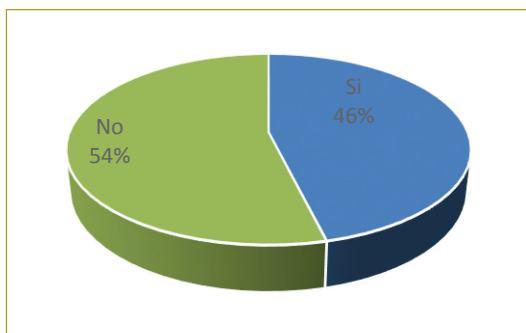


Figura 4. Preferencias por género de sus jefes.

En general, no se perciben diferencias en la actitud del equipo del proyecto, otros gerentes y la alta gerencia, cuando los proyectos están a cargo de mujeres o cuando están a cargo de hombres.

### Desempeño de la mujer en la gerencia de proyectos

En cuanto al desempeño de los proyectos liderados por mujeres y hombres, la opinión es dividida (figura 5). Las principales diferencias entre mujeres y hombres son que las mujeres se orientan al análisis detallado y minucioso de las situaciones, con mayor atención al control de cambios y al control de costos, mientras que los hombres se enfocan más en el resultado y en cumplir con el cronograma. Ninguno afirma que el desempeño de un género sea mejor que el otro, sólo que existen diferencias.



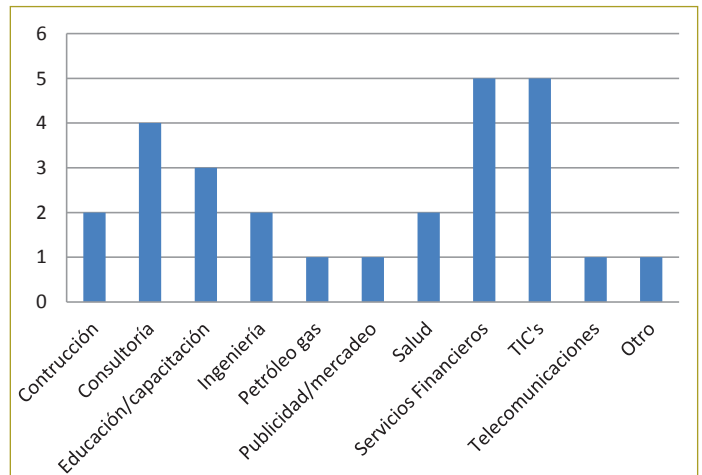
**Figura 5.** Opinión de las diferencias en el desempeño de proyectos según el género del líder.

Por otra parte, las gerentes de proyectos se sienten totalmente apoyadas por la alta gerencia de la organización. Esto se ve representado en la confianza depositada, las capacitaciones y oportunidad de carrera dentro de la organización, la evaluación por resultados sin tener en cuenta el género, reconocimientos, valoración de capacidades y experiencias de la persona. Todas aseguran que no han sido víctimas de algún tipo de discriminación de género en el ejercicio de su rol.

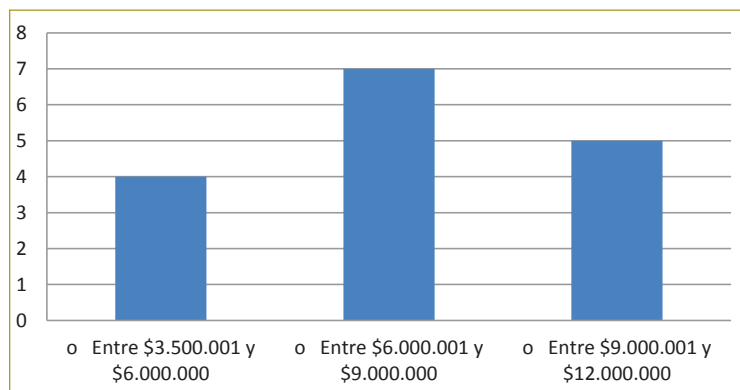
Más adelante se presentan algunos datos demográficos con respecto al sector y nivel de ingresos, resultantes de las 16 respuestas recolectadas en los cuestionarios aplicados (figuras 6 y 7).

### DISCUSIÓN

En cuanto al nivel educativo que consiguen mujeres y hombres, no se encuentran diferencias. Sin embargo, las mujeres reconocen que es más difícil alcanzar niveles educativos altos, como maestrías y doctorados, por aspectos como la conformación de familia y disponibilidad de tiempo.



**Figura 6.** Sector al que pertenece la empresa.



**Figura 7.** Nivel de ingresos.

Las mujeres perciben un ambiente propicio para la creación de políticas empresariales de igualdad de género en las organizaciones. Aunque se reconoce que la participación femenina en las organizaciones aumenta su éxito (OIT, 2015), aún existen sectores (como el de la construcción) en los que se mantienen pocas iniciativas para el desarrollo y la inclusión de la mujer en los proyectos (Artiti & Balshi, 2009).

En el marco de las características generales de las gerentes de proyectos, se evidencian familias pequeñas. Las mujeres son madres de uno o dos hijos, lo que puede estar relacionado con la exigencia de tiempo; según los jefes, las gerentes de proyectos se abstienen de hacer cambios significativos en su estilo de vida y además mantienen núcleos familiares reducidos, pues reconocen el compromiso que esto representa.

Así mismo, es frecuente que las gerentes de proyectos tomen la decisión de postergar, durante algún

tiempo, decisiones como casarse o tener hijos, pues les dan prioridad a su vida laboral y a los proyectos de las organizaciones a las que pertenecen. Se reconoce que el estado civil o el número de hijos pueden llegar a ser un factor influyente en los procesos de selección, aunque este factor no se hace explícito en tales procesos.

En cuanto a la edad, las entrevistadas se encuentran en el rango de 31 a 40 años; aunque sus jefes aseguran que la edad no es un factor diferenciador en el momento de la selección, muchas de ellas mencionan que el rango de edad en el mercado laboral colombiano es reducido, por lo que la edad sí representa una barrera para aprobar los procesos de selección. Muchas sostienen que es complicado reintegrarse al mercado laboral luego de haber estado un tiempo sin trabajar.

En general, los procesos de selección no se rigen por el género, sino por el perfil del aspirante según el tipo de proyecto. Los aspectos más relevantes para el proceso de selección son orden público (pues se toman en cuenta las vulnerabilidades de la mujer), edad, estado civil y número de hijos. Sin embargo, los jefes consideran que los anteriores no tienen mayor influencia en el proceso.

Haciendo una comparación en el tiempo que tarda una mujer y el que tarda un hombre en ocupar el rol de gerente de proyectos, el tiempo no es un aspecto diferenciador; por el contrario, las mujeres afirman que llegan en el mismo (o menor) tiempo que los hombres. Aunque, por otra parte, tienen que realizar un esfuerzo mayor para que sus logros sean reconocidos.

En cuanto a trayectoria profesional, el sector empresarial es un punto importante para analizar. Por ejemplo, en el sector de la construcción es mayor el nivel de autoridad, credibilidad y delegación en la toma de decisiones otorgado a los hombres.

Las funciones del cargo no difieren según el género, pero hay responsabilidades que desempeñan mejor las mujeres que los hombres, como la planeación y el seguimiento y control. Las mujeres afirman ser más detallistas en cada etapa del proyecto que los hombres, analizan un mayor número de variables y presentan mejor los resultados, mientras que los hombres son más “arriesgados” y “prácticos”.

El tema de las compensaciones es contradictorio, pues las gerentes afirman no haber percibido diferencia en sus compensaciones con respecto a las de los hombres, pero dicen que es una situación muy común

y destacan que es más evidente en el sector privado que en el público.

En cuanto a la actitud del equipo del proyecto, alta gerencia y otros gerentes, no hay evidencia suficiente para concluir que ésta sea diferente dependiendo del género, así como tampoco es posible determinar si se asignan proyectos más grandes o complejos por la anterior razón.

Las gerentes de proyectos consideran que hay diferencias entre mujeres y hombres en la forma de afrontar los problemas dentro de un proyecto. Las mujeres tienden a analizar con mayor profundidad y a entender la causa raíz del problema, mientras que los hombres son más tácticos y menos emotivos. En aspectos como liderazgo, comunicación, gestión de conflictos y negociación, no se observa diferencia alguna.

Las mujeres reconocen que son más organizadas que los hombres, prestan mucha más atención a los detalles y hacen análisis más profundos, debido a que consideran más efectivamente los riesgos y variables involucradas; las mujeres atribuyen esto a su carácter maternal e instinto de protección, que las vuelve más sensibles a los detalles.

Luego de entrevistar a gerentes de proyectos con diversas condiciones familiares, educativas y laborales, se evidencia una mayor confianza en sí mismas, fortalecida por el ejercicio cada vez más común del rol y por el aumento de experiencia y participación de la mujer en sectores en los cuales antes no se hacía presente.

## CONCLUSIONES

A lo largo de este artículo se exploran el perfil y otros aspectos importantes del rol de la mujer en la gerencia de proyectos en Bogotá, mediante la aplicación de entrevistas a mujeres gerentes de proyectos pertenecientes a diversos sectores y sus jefes directos.

Se perciben diferencias clave entre mujeres y hombres. Se reconoce que es más fácil para un hombre cursar estudios de posgrado, debido principalmente a la disponibilidad de tiempo de la mujer al momento de conformar una familia. Es mayor el número de hombres que desempeñan este papel y ocupan cargos de gerencia de proyectos, como consecuencia de los estereotipos de género. Las mujeres identifican una diferencia en cuanto al tipo de tareas que realizan, lo que en algunos casos les impide lograr mayor experiencia (OIT, 2015)

y ubicarse en un cargo de dirección más alto. La edad, estado civil y número de hijos pueden ser una condición de selección no explícita en las organizaciones. No se identifican diferencias para las mujeres en cuanto a funciones, compensaciones o tiempo para llegar a ser gerentes de proyectos. Las diferencias identificadas corresponden más a percepciones en habilidades, comportamientos o actitudes. Las mujeres reconocen ser mejores en temas de organización, análisis, manejo del tiempo y presentación de resultados, mientras que perciben a los hombres como más tácticos, prácticos, arriesgados y orientados a los resultados.

En general, según la información recopilada, el mayor reto que tienen las mujeres es lograr un equilibrio adecuado en el manejo de su tiempo, ya que tienen que desempeñar más actividades en paralelo que el hombre. El género deja de ser una barrera y las organizaciones empiezan reconocer y dar mayor valor al rol de la mujer, pero falta fortalecer las políticas que promueven la igualdad de género y de oportunidades. Las mujeres entrevistadas reconocen que su participación en el mercado laboral ha cambiado positivamente a lo largo del tiempo y que, en general, el panorama parece ser propicio para el desarrollo profesional de la mujer en el rol de gerente de proyectos.

## REFERENCIAS

- Artiti, D. & Balci, G. (2009). Managerial Competencies of Female and Male Construction Manager. *Journal of Construction Engineering and Management*, pp. 1275-1278.
- Berthelot, H. (2012). *Gender Bias and Project Management. Multilingual Business*, 45-48.
- Burba, D. (septiembre de 2010). *Equal Ground? They earn less. They're stereotyped. They have to fight for respect. Are women faring any better in project management? PM Network*, 38-42
- Finnegan, C. (mayo de 2008). The Ultimate Circus. *PM Network*, 26-27.
- Giraldo, G.E., Pulido, G.H. & Leal, C.A. (diciembre de 2013). Project Manager Profile Characterization in the Construction Sector in Bogotá, Colombia. *Project Management Journal*, 44, 6, 68-93.
- Gualdrón, S. & Varela, S. (2012). *El rol de la mujer en las organizaciones colombianas*. Bogotá: Universidad de la Sabana.
- Henderson, L.S. & Stackman, R.W. (2010) An Exploratory Study of Gender in Project Management: Interrelationships With Role, Location, Technology, and Project Cost. *Project Management Journal*, 41 (6), 37-55.
- Hernández, S., Fernández, C. & Baptista, L. (2010). *Metodología de la investigación* (5.ª ed.). México: McGraw-Hill.
- Jaafar, M. & Othman, N.L. (2014). *Assessing the Capability of Women Construction Project Managers Based on Liberal Feminist Theory. International Journal of Construction Management*, 13 (4), 35-52.
- Kusterer, H.L. (2014). Gender equality and liberal individualism: A critical reading of economist discourse in Sweden. *Scandinavian Journal of Management*, 30, 306-316.
- Jonge, A. (2014). The glass ceiling that refuses to break: Women directors on the boards of listed firms in China and India. *Women's Studies International Forum*, 47, 326-338.
- Jyrkinen, M. (2014). Women managers, careers and gendered ageism. *Scandinavian Journal of Management*, 30, 175-185.
- Khalid, S. (2014). *Does gender affect project management effectiveness? Do men and women handle and manage tasks differently? Quora*.
- Legault, M.J. & Chasseiro, S. (2011). Professionalization, risk transfer, and the effect on gender gap in project management. *International Journal of Project Management*, 30, 697-707.
- Malyadri, P. & Sumana, B. (2013). Gender issues in project management: A subtlety. *International Journal of Research Studies in Management*, 2 (1), 53-62.
- Ojiako, U., Chipulu, M., Gardiner, P., Williams, T., Mota, C., Maguire, S., Shou, Y. & Stamati, T. (2014). Effect of project role, age and gender differences on the formation and revision of project decision judgements. *International Journal of Project Management*, 32, 556-567.
- Organización Internacional del Trabajo (2015). *La mujer en la gestión empresarial Cobrando Impulso*. Versión resumida del informe mundial.
- Poleacovschi, C. (2014). The Use and Misuse of "Gender" and "Sex" Terminologies in Civil Engineering Literature. 121<sup>st</sup>. ASEE Annual Conference & Exposition. *Paper 9839*.
- Qureshi, A.A., Afzal, S., Daud, I. & Saleem, M.A. (2013). A Comparative Analysis of Gender based Management Styles of Software Project Managers. *International Journal of Computer Applications*, 71 (14), 11-18.
- Skaggs, S., Stainback, K. & Duncan, Ph. (2012). Shaking things up or business as usual? The influence of female corporate executives and board of directors on women's managerial representation. *Social Science Research*, 41, 936-948.
- Van de Brick, M. & Stobbe, L. (2014). *The support paradox: Overcoming dilemmas in gender equality programs. Scandinavian Journal of Management*, 30, 163-174.
- Vincent, C. (septiembre de 2013). Why Do Women Earn Less Than Men? A Synthesis of Findings from Canadian Microdata. CRDCN Synthesis Series [en línea]. Disponible en [http://www.rdc-cdr.ca/sites/default/files/carole\\_vincent\\_synthesis\\_final\\_2.pdf](http://www.rdc-cdr.ca/sites/default/files/carole_vincent_synthesis_final_2.pdf). Con acceso el 11 de noviembre de 2015.
- Wolf, J. (2010). A reexamination of gender-based attitudes toward group projects: Evidence from the Google Online Marketing Challenge. *Computers In Human Behavior*, 27, 784-792.
- Women in Project Management* (Panel de discusión) (2014). En M. Bradley (MPA), S. Coleman (APM) & T. Okoro (WiPM). Estados Unidos.



# El tren de cercanías Bogotá-Zipacquirá: requisito para el desarrollo regional

## Bogotá-Zipacquirá commuter train: A requirement for regional development

**JOSÉ GONZALO RÍOS MARÍN**

Magíster en Ingeniería Civil de la Escuela Colombiana de Ingeniería.

jose.rios@escuelaing.edu.co

Recibido: 16/10/2016 Aceptado: 02/11/2016

Disponible en <http://www.escuelaing.edu.co/revista.htm>

### Resumen

La ciudad capital de la república, centro de producción y consumo, y la sabana de Bogotá, reserva territorial en desarrollo, se proyectan a corto plazo como un emporio de la producción industrial del país con diversidad de industrias que pretenden montarse para consumo nacional, con expectativas en el mercado internacional. En esta perspectiva, hay que tener presente que el transporte es un componente de vital importancia como soporte de la dinámica del desarrollo económico y social de la región.

Las concentraciones industriales, instituciones, centros educativos, de comercio y habitacionales de la región demandan un elemento integrador que permita la conectividad rápida y eficiente, así como la mejora de la calidad de vida de sus moradores. Este elemento integrador, de mejores bondades, en los modos de transporte con menores consumos energéticos, lo ofrecen los trenes de cercanías.

Al observar el problema del desarrollo de la región se aprecia que inversionistas nacionales y extranjeros han puesto la mirada en Cundinamarca, la cual es producto del crecimiento acelerado de la región y la oportunidad de minimizar costos por factores que van desde la parte tributaria hasta la disponibilidad de mano de obra más económica. Al respecto, como ejemplo se puede citar el valor del terreno; se estima que el metro cuadrado de terreno para montar una industria en Bogotá puede costar \$3.500.000, mientras que en la sabana su valor puede ser sólo de \$600.000.

Expertos en plantación y desarrollo consideran que Bogotá está saturada y que es más barato ubicarse en la sabana.

Cundinamarca alberga 16 de las 104 zonas francas que hay en el país. De estos parques industriales, uno se encuentra en Tocancipá y otro en Cota. Se proyectan, para esta parte de la sabana, grandes inversiones de capital a corto plazo.

De los grandes proyectos para hacer en la sabana, uno está en Chía, donde se piensa construir el centro comercial más grande de Latinoamérica. Otro estará en el sector de Tocancipá, donde se ha dispuesto montar una planta de la compañía Coca-Cola, con una inversión de US\$200 millones.

No obstante la necesidad evidente de los trenes de cercanías para la ciudad región, existen obstáculos en su planeación en corto tiempo por razones económicas. Falta entonces que se impongan, por parte del Estado, las razones geopolíticas, ya que éste debe liderar los proyectos, incluso con financiación de inversiones necesarias para la infraestructura, lo cual no puede supeditarse a que el desarrollo de la región lo proyecte y trace el sector privado.

Estas razones, entre otras, motivaron el proyecto de grado elaborado con ocasión de mis estudios para optar a la maestría en Ingeniería Civil, del cual se presentan a continuación algunos apartes y comentarios.

**Palabras claves:** tren, demanda y oferta.

### Abstract

The capital city of the country, center of production and consumption, and the Bogotá Savannah area, developing territorial reservation, have a short-term projection as a single emporium of industrial production of the country with a variety of industries for domestic consumption, holding high expectations in the international market.

Industrial concentrations, institutions, education, commerce and housing centers require an integrating element that enables fast and efficient connectivity as well as the improvement of the quality of life of its inhabitants. Commuter trains provide such an integrating element, highly beneficial, for means of transportation.

Regarding the development issues in this region, one can point out that domestic and foreign investors have started to regard Cundina-



marca, due to its accelerated industrial growth and the opportunity to minimize costs in aspects such as taxation, cheaper labor force. It is also estimated that a square meter of land in Bogota can cost up to COP\$3,500,000 for an industry, while a similar piece of land can cost COP\$600,000 in the Savannah region.

Plantation and development experts believe that Bogota is overcrowded and that the Savannah region is cheapest.

Cundinamarca is home to 16 of 104 industrial parks that exist in the country. Out of these industrial parks one is in Tocancipá and another one in Cota (municipalities in the department of Cundinamarca). Short-term large capital investments are projected for this part of the Savannah region.

Large projects are to be built in the Savannah region. One is in Chía, where Latin America's largest shopping center is projected. Another one will be in the Tocancipá area, where a bottling plant of the Coca-Cola company is expected to be installed, with an investment of US\$200 million.

Despite the obvious need for commuter trains to the city region, there are obstacles in short-term planning, arguing economic reasons, not including the State's geopolitical reasons. Nevertheless, the State is the one that should lead the projects, even financing the necessary investments for infrastructure, since the region's development cannot be a responsibility of the private sector alone.

These reasons, among others, led to the graduation project developed during my studies to qualify for the master's degree in civil engineering; some excerpts and reviews are presented below.

**Keywords:** train, supply and demand.

## RESEÑA HISTÓRICA

El Ferrocarril del Norte, durante la segunda mitad del siglo XIX y la primera del XX, representa la llegada del ferrocarril a Colombia y su ingreso a la modernidad. Su importancia radicaba en la construcción relacionada con las líneas férreas, estaciones, quintas de recreo, puentes y túneles. Esta ruta, que comunicaba a Bogotá con el norte de Cundinamarca, Boyacá y Vélez (Santander), hoy en día se encuentra en abandono, no sólo la línea sino también construcciones con un gran valor arquitectónico y cultural. En su recorrido, aún activo hasta Nemocón, la línea transcurre por paisajes de la sabana, como los municipios de Chía, Cajicá, Zipaquirá, Suesca y Nemocón.

Es notable la presencia de estaciones de magnífico diseño, hoy en ruinas, como la estación del Crucero, en cercanías a la laguna de Suesca, el túnel que data de 1921 y los puentes que sortean el cerro Loma Larga, a una altura de 2.800 metros, también sobre Suesca. Al deterioro de estas obras se suman los daños a los parajes contiguos, los cuales, al igual que las construcciones del ferrocarril, demandan esfuerzos para su recuperación. En estas obras, que son parte de la memoria de la re-

gión, se podrían desarrollar proyectos turísticos, con un sistema de transporte de pasajeros denominado tren de cercanías Bogotá - Zipaquirá inicialmente. Esto beneficiaría a las comunidades, la población escolar y los habitantes de las zonas rurales y urbanas, como se expone en este trabajo.



<http://fsenderosymemoria.blogspot.com/2008/09/el-ferrocarril-del-norte.html>

**Foto 1.** Infraestructura para el tren.

## GENERALIDADES SOBRE LOS TRENES DE CERCANÍAS

En la jerga ferroviaria se entiende que un tren de cercanías o tren suburbano en el sistema de transporte de pasajeros es aquel que hace desplazamientos en tiempos breves entre dos localidades, una en la ciudad de mayor concentración de población y otra a las afueras, que a veces se denominan ciudades dormitorio. Estos trenes operan a velocidades que oscilan entre 50 y 200 km/h, según las necesidades.

Dadas sus bondades, el desarrollo de estos trenes actualmente está creciendo, en virtud de una mejor conciencia relacionada con la congestión vial, la ponderación de aspectos medioambientales y razones económicas de los consumos energéticos.

En la bibliografía clásica ferroviaria se hace la distinción de estos trenes con los otros del modo, y se denota que ésta se encuentra básicamente en los siguientes aspectos:

- Operan en intervalo de tiempo y con horarios fijos.
- Disponen de mayor número de vehículos.

- Comparten su infraestructura con otros trenes de pasajeros o de carga.
- Tienen diseños de la infraestructura semejantes (andenes y plataformas), por razones de interoperabilidad.
- Pueden disponerse para operar a velocidades considerables (100 a 200 km/h).



**Figura 1.** Localización de la línea en estudio.

Fuente: <http://www.turistren.com.co/>.

## INFORMACIÓN SECUNDARIA

Se solicitó la información secundaria existente en los entes gubernamentales y empresas privadas que han tenido que ver con el corredor de la línea del norte, por medio de una carta de presentación enviada por la Escuela Colombiana de Ingeniería a la Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá, Instituto de Desarrollo Urbano, Planeación Distrital, Catastro Distrital, Ministerio de Transporte, entre otras entidades. Esta información se revisó para identificar qué información primaria se necesitaba dentro del presente trabajo, teniendo en cuenta, el tiempo y la parte económica. Se consultaron, entre otros, los siguientes documentos:

- Destino Capital Movilidad Sostenible. Subsecretaría de Planeación Territorial, Dirección de Vías, Transporte y Servicios Públicos. Bogotá, noviembre de 2009.
- Plan Maestro de Movilidad (Secretaría de Movilidad de Bogotá).

- Estudio de viabilidad y conveniencia del cambio de trocha yárdica a trocha estándar y sus impactos en el transporte de carga y pasajeros (Ministerio de Transporte).
- Curso de Ferrocarriles. Cuaderno IV, Geometría y calidad de vía. Lección I, Geometría de la Vía, Universidad Politécnica de Madrid, ETS Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- *Estructuración de la sección transversal de una vía para ferrocarriles* (1996) m. en l, I.C. Fernando Olivera Bustamante. México: Editorial Continental.
- Consultoría internacional para revisión y asesoramiento en la estructuración técnica y operativa del sistema del tren de cercanías de la región capital de Bogotá, primera etapa (corredor de occidente).
- Información digital. IGAC-Sigac. Planchas topográficas-IGAC.
- Regeometrización.
- Volúmenes de tránsito.

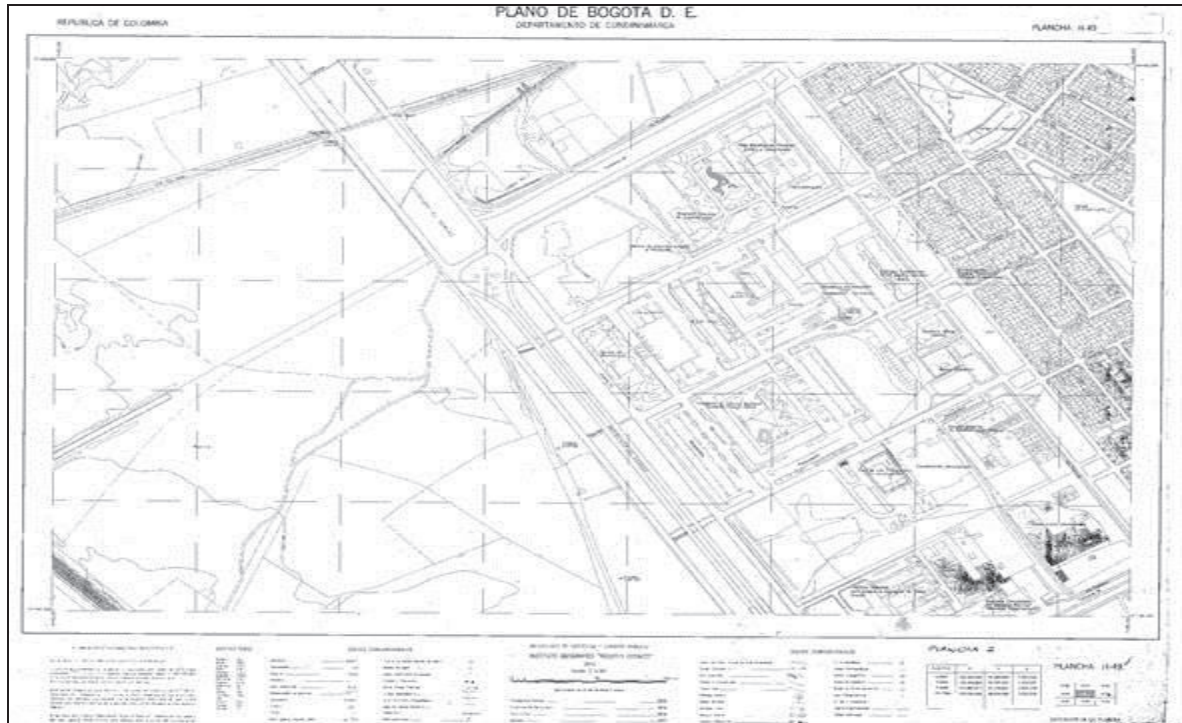
## INFORMACIÓN PRIMARIA

Con base en el análisis de la información secundaria se adoptaron las siguientes medidas y un plan de trabajo para lograr los propósitos de este proyecto. Con este fin se actualizaron los planos, considerando aspectos del diseño geométrico del trazado existente y una actualización del inventario de obras de arte. Así mismo, se determinó la realización de encuestas origen - destino en los lugares de mayor movimiento de pasajeros.

### Toma de la información primaria

Es necesario tener un escenario de la situación actual, el cual se puede conseguir mediante la observación directa en el campo y la medición de parámetros críticos, como parte del proceso para dar una solución. Por esta razón, cobra gran importancia la toma de información primaria que permita obtener datos claros y precisos de lo que ocurre.

**Actualización de planos de diseño.** Se empataron los planos y se identificó la línea de ruta en la cual se ubicaron los puntos de mayor afluente de polos de atracción, indicando los lugares de colegios, universidades, centros comerciales y áreas de asentamientos urbanos, todo de manera georreferenciada.



**Figura 2.** Planos base.

Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

**Actualización de obras de drenaje y pasos a nivel.** Gracias a esta información se puede observar el estado actual de la infraestructura de las obras de drenaje y de los pasos a nivel correspondientes a la vía férrea que conduce desde la ciudad de Bogotá hasta Zipaquirá. Esta información se levantó en el mes de mayo. El formato de toma de información se presenta en la figura siguiente (figura 3).

**Encuestas origen-destino.** Para complementar y actualizar la información secundaria, se hicieron encuestas de pasajeros en los lugares identificados previamente, con el fin de conocer los orígenes y destinos. A continuación se describe el tipo de trabajo que hay que realizar en campo, así como los días, horarios y localización del personal de campo.

### Análisis de la información primaria

Pese a que las vías férreas son el medio más económico para el transporte de pasajeros y en especial el de carga, las tenemos abandonadas. El tramo que va de la ciudad de Bogotá a Zipaquirá no podía ser la excepción, pues

por él sólo transita esporádicamente un ferrocarril de turismo.

En su mayor parte, el tramo en estudio carece de drenajes, y los pocos que hay se encuentran en total abandono; en cuanto a cunetas, la mayoría están deterioradas, en muchas sólo existe una pared, y varias están tapadas por capa vegetal y basura, a tal punto que no se pueden observar a simple vista.

### Obras de drenaje

Los dispositivos de drenaje son un conjunto de obras destinadas a recoger las aguas subterráneas o cenitales que, si no son evacuadas, pueden modificar anormalmente el grado de impregnación en agua de los terrenos y, por consiguiente, estorbar en gran medida sus cualidades mecánicas. En este proyecto se han encontrado cunetas, alcantarillas y filtros.



VIA FERREA: BOGOTA - ZIPAQUIRA  
OBRAS DE ARTE  
INSPECCION

SECTOR DE:	A:	ALCANTARILLA PK XX + XX				
FECHA:	CONVENCIONES: ESTADO: B = BUENO; M = MAL; R = REGULAR.					
TIPOLOGIA						
OBRA EN	MAMPOSTER	CONCRETO	METALICA	No TUBOS	DIAMETRO	ESTADO
MURO CABEZAL	ENCOLE	DESCOLE	OBSERVACIONES			
ESTADO						
ALETAS	ENCOLE		DESCOLE		OBSERVACIONES	
	IZQ	DER	IZQ	DER		
ESTADO						
SOLADO	ENCOLE	DESCOLE	OBSERVACIONES			
ESTADO	R					
DRENAJE	TRANSVERSAL	PARALELO	ESTADO			
AGUAS ARRIBA						
AGUAS ABAJO						
FOTO						
COMENTARIO:						
INSPECCION REALIZADA POR:						

Figura 3. Formato de inspección de obras de drenaje.

Fuente: Elaboración propia.

<b>ENCUESTA ORIGEN - DESTINO A PASAJEROS A BORDO DE UNIDADES</b>	
Localización _____ Sentido _____	
Encuestador _____ Hora _____	
Supervisor _____ Fecha (D.M.A) _____	
Vehículo de transporte público intermunicipal	<input type="checkbox"/> CP - Colectivo pequeño <input type="checkbox"/> BCC - Bus corriente corto <input type="checkbox"/> CG - Colectivo grande <input type="checkbox"/> BCL - Bus corriente largo <input type="checkbox"/> Otro _____
Ruta: _____ Pasaje (\$) _____	
Capacidad: _____ (Sillas) Ocupación: _____ (Pasajeros)	
Hora a la que tomó el bus: _____ Hora de salida del origen del viaje: _____	
Modo utilizado para llegar al bus:	<input type="checkbox"/> Vehículo privado <input type="checkbox"/> A pie <input type="checkbox"/> Transporte público <input type="checkbox"/> Taxi <input type="checkbox"/> Otro _____ Pasaje (\$) _____
Posee vehículo privado	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Cuál es el origen de su viaje?	<input type="checkbox"/> BOGOTÁ D.C. <input type="checkbox"/> LA CARO <input type="checkbox"/> CHIA <input type="checkbox"/> CAJICÁ <input type="checkbox"/> ZIAPAQUIRÁ <input type="checkbox"/> OTRO _____ ¿Cuál? _____ <div style="float: right; margin-top: 10px;">             Zona /barrio _____              ó dirección _____           </div>
¿Cuál es el destino de su viaje?	<input type="checkbox"/> BOGOTÁ D.C. <input type="checkbox"/> LA CARO <input type="checkbox"/> CHIA <input type="checkbox"/> CAJICÁ <input type="checkbox"/> ZIAPAQUIRÁ <input type="checkbox"/> OTRO _____ ¿Cuál? _____ <div style="float: right; margin-top: 10px;">             Zona /barrio _____              ó dirección _____           </div>
¿Cuál es el motivo del viaje ?	<input type="checkbox"/> TRABAJO <input type="checkbox"/> EDUCACIÓN <input type="checkbox"/> OTRO _____ ¿Cuál? _____
Hora llegada al destino: _____	
Utiliza otro modo de transporte para llegar a su destino? _____	
Tiempo estimado de viaje: _____	
Frecuencia de viaje:	<input type="checkbox"/> Varias veces al día <input type="checkbox"/> Casi todos los días <input type="checkbox"/> Ocasionalmente <input type="checkbox"/> Todos los días <input type="checkbox"/> Una vez por semana
OBSERVACIONES: _____	
_____ Firma Encuestador	_____ Firma Supervisor

**Figura 4.** Formato de encuesta de origen-destino. Ruta Bogotá-Zipaquirá.

Fuente: Elaboración propia.





Foto 2. Cuneta en tierra.

Fuente: Elaboración propia.



Foto 3. Cuneta en concreto.

Fuente: Elaboración propia.



Foto 4. Alcantarillas.

Fuente: Elaboración propia.

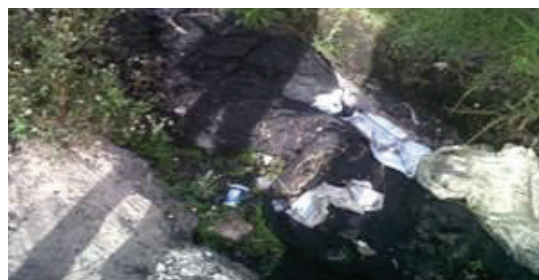


Foto 5. Filtros.

Fuente: Elaboración propia.



		<b>VIA FERREA: BOGOTÁ - ZIPAQUIRA</b> <b>OBRAS DE ARTE</b> <b>INSPECCION</b>				
SECTOR DE : Sede Instituto Cero y Cuervo		A: Almaviva		ALCANTARILLA PK 34 - 000		
FECHA: 30 / 03/ 2013		CONVENCIONES; ESTADO: B = BUENO; M = MAL; R = REGULAR. DERRUMBE, SOCAVACION BANCA.				
<b>TIPOLOGIA</b>						
OBRA EN	MAMPOSTERIA	CONCRETO	METALICA	No TUBOS	DIAMETRO	ESTADO
		X				R
<b>MURO CABEZAL</b>	<b>ENCOLE</b>		<b>DESCOLE</b>		<b>OBSERVACIONES</b>	
ESTADO	R		R		Presenta algunas fisuras al lado del muro.	
<b>ALETAS</b>	<b>ENCOLE</b>		<b>DESCOLE</b>		<b>OBSERVACIONES</b>	
	IZQ	DER	IZQ	DER		
ESTADO	R	R	R	R	Están obstruidas por material orgánico y capa vegetal.	
<b>SOLADO</b>	<b>ENCOLE</b>		<b>DESCOLE</b>		<b>OBSERVACIONES</b>	
ESTADO	R		R		Aunque el estado es regular el flujo es constante.	
<b>DRENAJE</b>	<b>TRANSVERSAL</b>		<b>PARALELO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>	
AGUAS ARRIBA	R				El drenaje del agua es continuo.	
AGUAS ABAJO	R				El drenaje del agua es continuo.	
						
<b>ENCOLE Y DESCOLE</b>						
<b>OBSERVACIONES</b>	La estructura vial está en malas condiciones.					
<b>INSPECCIONADO</b>	Juan Gómez - Edgar Sosa - Leandro Rodríguez - Carlo Chavarro					

Figura 5. Formato diligenciado de obras de drenaje

Fuente: Elaboración propia.



### Pasos a nivel

Los pasos a nivel son, sin duda, unos elementos singulares en cualquier ferrocarril. Sus tipos, su presencia o su ausencia caracterizan en ocasiones el trazado de muchas líneas.



Foto 6. Pasos a nivel.

Fuente: Elaboración propia.



Foto 7. Señalización de pasos a nivel.

Fuente: Elaboración propia.

### Encuestas origen-destino

Con las encuestas origen-destino (OD), podemos obtener información relativa a los desplazamientos de los usuarios, con sus posibles desagregaciones por hora, total diaria, por motivo de viaje, por sentido y en ruta, empresa o sistema.

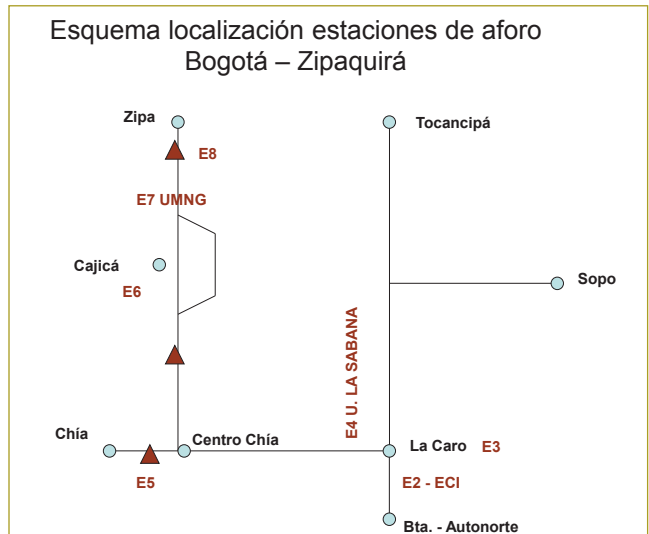


Figura 6. Puntos de aforo.

Fuente: Elaboración propia.



Foto 8. Encuestadores.

Fuente: Elaboración propia.

## DEMANDA Y OFERTA DEL ESTUDIO DE TRANSPORTE FÉRREO

Diariamente, la sociedad debe enfrentar y resolver tres problemas básicos de la economía: qué bienes y servicios producir, cómo producirlos y, por último, para quién producirlos. Por supuesto, para producir los bienes y servicios que requiere la sociedad es necesario contar con recursos, los cuales prácticamente son escasos.

Para determinar la demanda se analiza toda la información tanto secundaria como primaria, teniendo definido desde el principio que el área de influencia del proyecto comprende de la calle 170 a Zipaquirá, y de la carrera 7 a la autopista Norte.

**Tabla 1**

Proyecciones de población de los municipios del corredor norte

Municipio	Año				
	2010	2015	2020	2025	2030
Cajicá	50.839	57.292	64.361	72.416	81.479
Chía	77.981	67.609	98.425	110.577	124.230
Zipaquirá	116.967	132.528	150.159	170.135	192.768

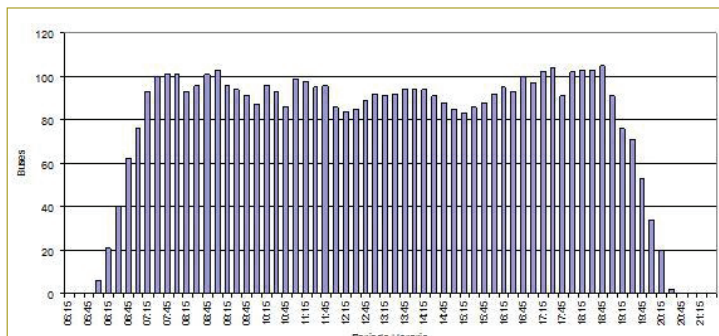
Municipio	r
Cajicá	2,39 %
Chía	2,36 %
Zipaquirá	2,53 %

Fuente: Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2011.

### Oferta de transporte

Los volúmenes mostrados por sentido corresponden a los utilizados en el proceso de expansión de las encuestas origen - destino, cuyos datos forman parte de la información secundaria.

Existen servicios autorizados con orígenes y destinos localizados a lo largo del corredor norte, en diferentes tipos de vehículos; el pico de la oferta se concentra entre las 6:30 y 7:30 a.m., con un total de 697 vehículos. Se presenta la distribución de flujos de transporte público en el corredor.



**Figura 7.** Distribución horaria de la oferta de transporte público colectivo.

Fuente: Elaboración propia. Datos: Secretaría Distrital de Movilidad.

### Características de la demanda actual de transporte

La necesidad de moverse es vital para todos los seres humanos, de un modo u otro. La situación actual de viajes en transporte público del corredor norte está en el orden de 28.000 viajes/día, discriminado en diferentes tipos de vehículos (tabla 2).

**Tabla 2**

Oferta de servicio público (día ambos sentidos) en el corredor norte

Vehículo	Bus	Buseta	Colectivo grande	Colectivo pequeño	Total
Chía	441	203	277	380	1301
Cajicá	433	34	288	97	852
Zipaquirá	270	16	188	123	597

Fuente: Elaboración propia. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

De acuerdo con las expansiones de la encuesta, el total de viajes interregionales en la hora pico de las 6:30 a las 7:30 a.m. es de 7009, de los cuales 3045 (el 43 %) se realizan a Chía y 2612 (37 %) a Zipaquirá.

**Tabla 3**

Viajes en la hora pico de la mañana entrando a Bogotá

Participación en viajes destino Bogotá			
Corredor	Origen	Viajes hora pico	Participación (%)
Interno	Bogotá	146	2,08
Norte	Chía	3045	43,44
Norte	Zipaquirá	2612	37,27
Norte	Briceño	594	8,47
Norte	Cajicá	313	4,47
Norte	Cogua	253	3,61
Norte	La Caro	46	0,66
<b>Total</b>		<b>7009</b>	<b>100</b>

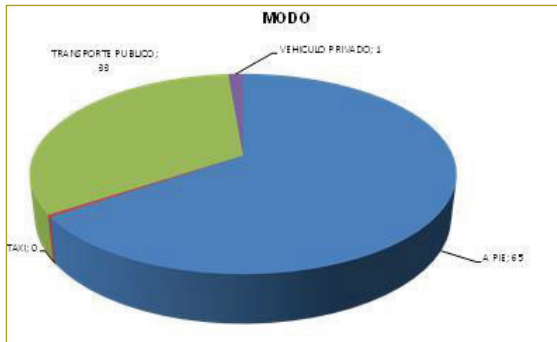
Fuente: Elaboración propia. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

### Matrices origen - destino

Como resultado de la encuesta origen - destino, se pueden ver los componentes de los usuarios del proyecto en cuanto a los modos y el pago del viaje, como se puede ver a continuación:

**Modo utilizado para llegar al bus.** Del total de encuestados, el 65 % llega a los praderos o sitios de

abordaje del bus a pie, el 33 % utiliza transporte público colectivo y el 0 % llega en taxi. El 1 % de los encuestados arriba a los paraderos en vehículo privado.



**Figura 8.** Modo utilizado para llegar al bus.

Fuente: Elaboración propia.

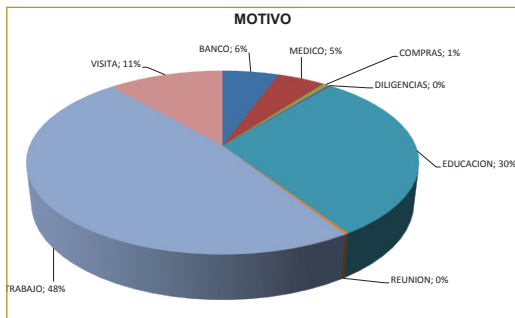
**Vehículo privado.** Del total de encuestados, el 69 % no posee vehículo privado, lo que genera una demanda cautiva del sistema de transporte público.



**Figura 9.** Encuestados que poseen vehículo privado.

Fuente: Elaboración propia.

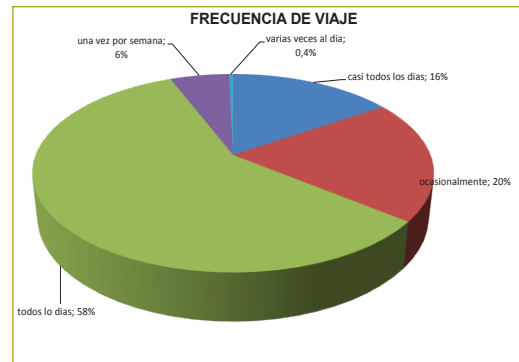
**Motivo del viaje.** Los principales motivos de viaje resultantes en la encuesta realizada son el banco, compras, diligencias, educación, médico, reunión, trabajo y visita, con un 48 % para el trabajo y 30 % para educación.



**Figura 10.** Motivos de viaje de encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

**Frecuencia del viaje.** En cuanto a las frecuencias de viaje, el 58 % de los encuestados manifestaron que realizan los desplazamientos todos los días, el 20 % hace el viaje ocasionalmente y el 16 % casi todos los días. El 6 % de los encuestados dijeron que viajan una vez por semana, mientras el 1 % restante lo hacen varias veces al día.



**Figura 11.** Frecuencia de viaje de encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

**Tarifas.** Existen diversas tarifas, en función del tipo de vehículo y de las rutas, y de alguna manera hay una cierta discrecionalidad de los conductores y auxiliares para el cobro a los usuarios, por lo que se tiene una dispersión amplia en los costos de los servicios.

Tipo de vehículo	Pasaje \$	Tipo de vehículo	Pasaje \$
BCC	1000	CP	1200
	1200		1250
	1250		1400
	1300		1500
	1400		1700
	1500		2000
	1700		2500
	2000		4000
	2800		300
	3000		1000
3500	1200		
BCL	1700		1400
			1700
			2700
			3000

**Matriz.** Con base en la matriz origen - destino elaborada para el tren de cercanías de la sabana de Bogotá y de los resultados de las encuestas, se realizaron las

**Tabla 4**  
Matriz origen - destino - Aforada

ORIGEN	DESTINO									
	BOGOTÁ	CALLE 170	ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA	LA CARO	UNIVERSIDAD DE LA SABANA	CHIA	CAJICA	UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA	ZIPAQUIRA	TOTAL
CALLE 170	6	0	1	0	9	26	42	0	21	105
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA	4	1	0	1	0	18	12	0	8	44
LA CARO	12	12	1	0	0	14	2	0	5	46
UNIVERSIDAD DE LA SABANA	5	3	0	0	0	17	5	0	3	33
CHIA	5	32	0	3	2	0	22	0	13	77
CAJICA	2	17	0	2	0	12	0	0	33	66
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA	0	12	0	0	0	2	8	0	1	23
ZIPAQUIRÁ	4	19	1	2	1	28	39	11	0	105
<b>TOTAL</b>	<b>38</b>	<b>96</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>117</b>	<b>130</b>	<b>11</b>	<b>84</b>	<b>499</b>

Fuente: Elaboración propia.

proyecciones y expansiones del periodo pico, para lo cual se relacionaron el número de usuarios encuestados por corredor y el total de viajes contabilizados en los estudios de frecuencia y ocupación visual, en cada una de las estaciones.

Este proceso da lugar a factores de expansión de las encuestas por rutas en cada corredor

**Redes años 2022 - 2040.** A partir del año 2017 la red se mantiene constante en cuanto a rutas y a estaciones; por lo tanto, las modelaciones realizadas para los años 2022 y 2040 conservan esta red.

**Tabla 5**  
Demanda para el proyecto Escenario Bajo y Alto  
Escenario de demanda bajo CON SITP

Tramo	2013		2015		2017		2022		2040	
	E-W / S-N	N-S / W-E	E-W / S-N	N-S / W-E	E-W / S-N	N-S / W-E	E-W / S-N	N-S / W-E	E-W / S-N	N-S / W-E
Calle 13 - Est. Sabana - Carrera 30	70	254	78	262	77	245	77	264	77	343
Carrera 30 - Kilómetro 5	99	1.074	118	1.108	117	1.171	117	1.261	117	1.644
Kilómetro 5 - Calle 26	574	913	874	1.325	895	1.366	936	1.469	1.082	1.871
Calle 26 - Calle 53	597	984	920	1.510	939	1.566	977	1.691	1.107	2.164
Calle 53 - Calle 63	583	984	980	1.602	1.004	1.664	1.050	1.804	1.187	2.315
Calle 63 - Calle 76	550	1.067	946	1.723	968	1.791	1.012	1.948	1.136	2.516
Calle 76 - Calle 92	626	1.275	1.060	2.101	1.104	2.180	1.144	2.377	1.256	3.095
Calle 92 - Calle 100	628	2.231	1.099	3.357	1.142	3.485	1.181	3.771	1.285	4.891
Calle 100 - Calle 114	634	2.495	1.121	3.674	1.143	3.807	1.182	4.122	1.282	5.357
Calle 114 - Calle 127	721	2.523	1.250	3.660	1.286	3.787	1.353	4.086	1.495	5.281
Calle 127 - Calle 134	726	2.564	1.262	3.745	1.300	3.875	1.374	4.181	1.532	5.396
Calle 134 - Calle 145	728	2.722	1.304	3.981	1.342	4.119	1.416	4.444	1.574	5.744
Calle 145 - Calle 153	735	2.754	1.340	3.750	1.385	3.877	1.473	4.180	1.642	5.425
Calle 153 - Calle 165	735	2.781	1.340	3.778	1.385	3.906	1.473	4.212	1.642	5.466
Calle 165 - Calle 170	735	2.808	1.369	3.793	1.415	3.921	1.503	4.229	1.671	5.493
Calle 170 - Calle 200	952	3.289	1.787	4.737	1.831	4.894	1.915	5.280	2.066	6.880
Calle 200 - La Caro	939	3.371	1.977	4.915	2.056	5.075	2.187	5.475	2.394	7.135
La Caro - Puente El Comun	717	2.926	1.707	4.665	1.765	4.811	1.856	5.181	1.994	6.761
Puente El Comun - Urbanización Amarillo	717	2.926	728	3.018	739	3.112	756	3.352	788	4.374
Urbanización Amarillo - Cajicá	717	2.926	728	3.018	739	3.112	756	3.352	788	4.374
Cajicá - Planta de Soda	636	2.659	644	2.742	653	2.828	667	3.046	687	3.974
Planta de Soda - Caserío	636	2.659	644	2.742	653	2.828	667	3.046	687	3.974
Caserío - Zipaquirá	636	2.659	644	2.742	653	2.828	667	3.046	687	3.974

Fuente: Tren de cercanías para la sabana de Bogotá.



**Tabla 6**  
Demanda para el proyecto Escenario Alto

Escenario de demanda alto CON SITP

Tramo	2011		2013		2015		2017		2022		2040	
	E-W / S-N	N-S / W-E	E-W / S-N	N-S / W-E	E-W / S-N	N-S / W-E	E-W / S-N	N-S / W-E	E-W / S-N	N-S / W-E	E-W / S-N	N-S / W-E
Calle 13 - Est. Sabana - Carrera 30	70	254	69	334	77	367	76	365	76	379	74	685
Carrera 30 - Kilómetro 5	99	1.074	98	1.450	116	1.603	115	1.806	114	1.915	112	3.550
Kilómetro 5 - Calle 26	574	913	615	1.105	926	1.632	959	1.753	1.001	1.851	1.180	2.838
Calle 26 - Calle 53	597	984	630	1.203	962	1.852	992	1.998	1.029	2.116	1.186	3.261
Calle 53 - Calle 63	583	984	614	1.203	1.018	1.943	1.051	2.095	1.096	2.227	1.257	3.407
Calle 63 - Calle 76	550	1.067	576	1.324	978	2.117	1.008	2.290	1.049	2.444	1.194	3.820
Calle 76 - Calle 92	626	1.275	645	1.609	1.083	2.616	1.131	2.838	1.169	3.028	1.294	4.836
Calle 92 - Calle 100	628	2.231	643	2.872	1.117	4.323	1.163	4.718	1.199	5.003	1.313	8.205
Calle 100 - Calle 114	634	2.495	647	3.218	1.134	4.759	1.161	5.186	1.196	5.506	1.304	9.081
Calle 114 - Calle 127	721	2.523	733	3.255	1.262	4.759	1.301	5.184	1.364	5.490	1.510	9.051
Calle 127 - Calle 134	726	2.564	738	3.300	1.274	4.849	1.315	5.278	1.384	5.591	1.545	9.174
Calle 134 - Calle 145	728	2.722	740	3.505	1.314	5.162	1.356	5.619	1.425	5.945	1.584	9.770
Calle 145 - Calle 153	735	2.754	741	3.555	1.344	4.958	1.390	5.413	1.472	5.728	1.636	9.577
Calle 153 - Calle 165	735	2.781	741	3.591	1.344	4.998	1.390	5.457	1.472	5.772	1.636	9.659
Calle 165 - Calle 170	735	2.808	741	3.622	1.373	5.018	1.419	5.478	1.501	5.796	1.664	9.694
Calle 170 - Calle 200	952	3.289	948	4.251	1.772	6.236	1.814	6.794	1.890	7.181	2.019	11.891
Calle 200 - La Caro	939	3.371	929	4.359	1.952	6.464	2.024	7.038	2.144	7.435	2.315	12.296
La Caro - Puente El Comun	717	2.926	711	3.868	1.685	6.196	1.739	6.751	1.820	7.118	1.931	11.869
Puente El Comun - Urbanización Amarillo	717	2.926	711	3.868	960	1.928	1.003	2.038	1.072	2.195	1.144	2.864
Urbanización Amarillo - Cajicá	717	2.926	711	3.868	485	654	522	692	579	745	639	972
Cajicá - Planta de Soda	636	2.659	623	3.563	725	4.268	736	4.712	748	4.924	787	9.005
Planta de Soda - Caserío	636	2.659	623	3.563	725	4.268	736	4.712	748	4.924	787	9.005
Caserío - Zipaquirá	636	2.659	623	3.563	631	3.945	638	4.371	649	4.556	649	8.525

Fuente: Tren de cercanías para la sabana de Bogotá.

### Estudio de velocidades del transporte público

Los datos de velocidades se tomaron de acuerdo con la información secundaria del año 2010. A continuación se presentan los resultados de este estudio.

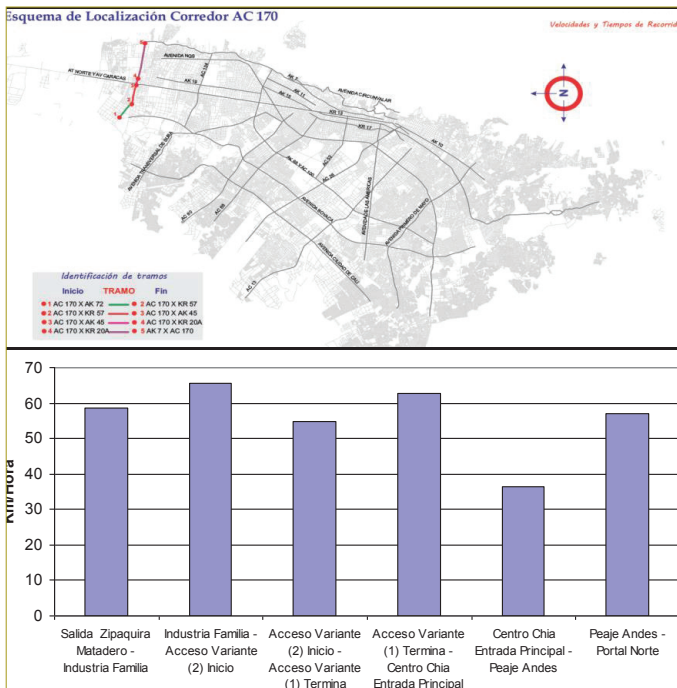


Figura 12. Corredor datos velocidades calle 170.

Fuente: Secretaría de Tránsito de los diferentes municipios, incluida la SDMB.

### Comportamiento del tráfico semanal

Una característica de los viajes regionales frente a la ciudad es la distribución que éstos tienen a lo largo de los días de la semana. La distribución de los tráficos, tomados de los conteos semanales realizados por el Instituto Nacional de Vías, muestran una variación relativa significativa para los tipos de vehículos de pasajeros (figura 13).

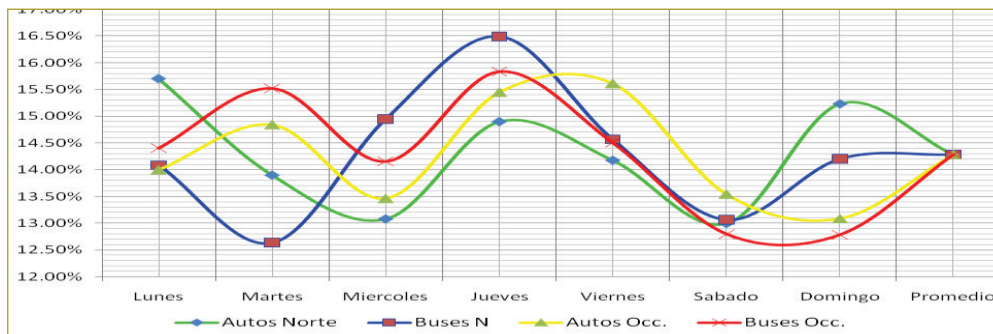
### CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

La capacidad de transporte de una línea se define como el tonelaje máximo de mercancías que se transportan en ambos sentidos, por la línea, en un intervalo determinado de tiempo, en ciertas condiciones de explotación.

Para el tramo en estudio, de 30 km de longitud, y para una velocidad comercial de 40 km/h:

$$C_r = \frac{[2 \times 20 \times 60]}{[(30/40 + 30/40) 60 + 21^*]} \times 0,80$$

$$C_{r(40)} = 17 \text{ trenes/día en los dos sentidos.}$$



**Figura 13.** Distribución semanal del tráfico.  
Fuente: Datos de peaje.

### DETERMINACIÓN DEL EQUIPO RODANTE

Las características técnicas del equipo rodante ferroviario y de la infraestructura están estrechamente relacionadas porque el desplazamiento de los vehículos en forma segura, rápida y estable depende de factores tanto de los equipos como de la infraestructura.

Sus respectivos sistemas y componentes se deben estudiar para minimizar los roces, choques y percusiones entre el equipo rodante y la vía, y para reducir la amplitud y frecuencia de las oscilaciones producidas por el desplazamiento de los vehículos.

durmientes en concreto pretensado con resistencia de 5000 psi.

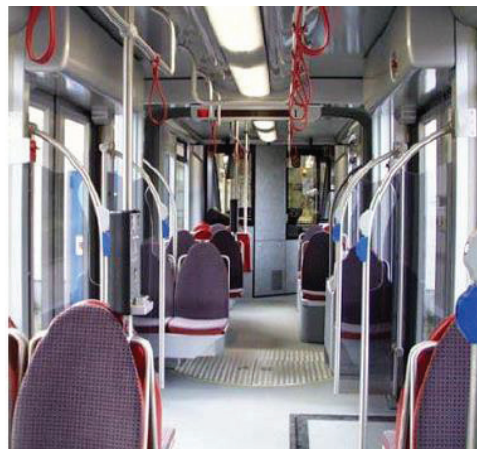
- Vehículos: caja de 2,65 de ancho por 42 a 43 m.
- Caja de 2,65 de ancho por 42 a 45 ml.
- Capacidad: 340 pasajeros en zona rural y 424 pasajeros en zona urbana.
- Velocidad de operación comercial
  - Urbana: 30-35 km/hora
  - Rural: 65 km/hora

El vehículo está construido en su interior de manera modular y se puede adaptar a las necesidades del operador; tiene asientos frente a frente y espacio para bicicletas.



**Figura 14.** Tren suburbano.

Fuente: <http://industria.siemens.com.mx/Conceptos%20Mobility/html/trensuburbano.html>.



**Figura 15.** Diseño interior.

Fuente: <http://industria.siemens.com.mx/Conceptos%20Mobility/html/trensuburbano.html>.

Las siguientes son algunas de las características principales para el binario en cuanto a sección transversal.

- Trocha estándar: 1425 mm
- Rieles: UIC 54 o UIC 60 electrosoldados, conformación barras largas, fijaciones doblemente elásticas y



**Dimensiones y capacidad del vehículo.** El equipo presenta dos disposiciones de uso. La primera es de dos coches de motor con un coche de unión, con lo que se obtiene una capacidad de 225 pasajeros, y la segunda es de dos coches de motor, y dos coches de unión y un remolque, para 333 pasajeros.

**TIPO 1 (28 m)**



Suministro de energía

	Unidireccional	bi-direccional	DIESEL
<b>Asientos:</b>	89	72	
<b>de pie (6/m²):</b>	141	153	
<b>Total:</b>	230	225	

**TIPO 2 (37 m)**



	Unidireccional	bi-direccional	DIESEL
<b>Asientos:</b>	113	90	
<b>de pie (6/m²):</b>	203	243	
<b>Total:</b>	316	333	

**Figura 16.** Dimensiones y capacidad del vehículo.

Fuente: <http://industria.siemens.com.mx/Conceptos%20Mobility/html/trensuburbano.html>.

**PARÁMETROS PARA LA REHABILITACIÓN Y EL MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE**

**Rediseño del trazado**

Se recomienda rectificar el alineamiento para radios mínimos de 500 metros, rehabilitación del sistema drenaje, pasos a nivel y el mantenimiento periódico de la infraestructura.

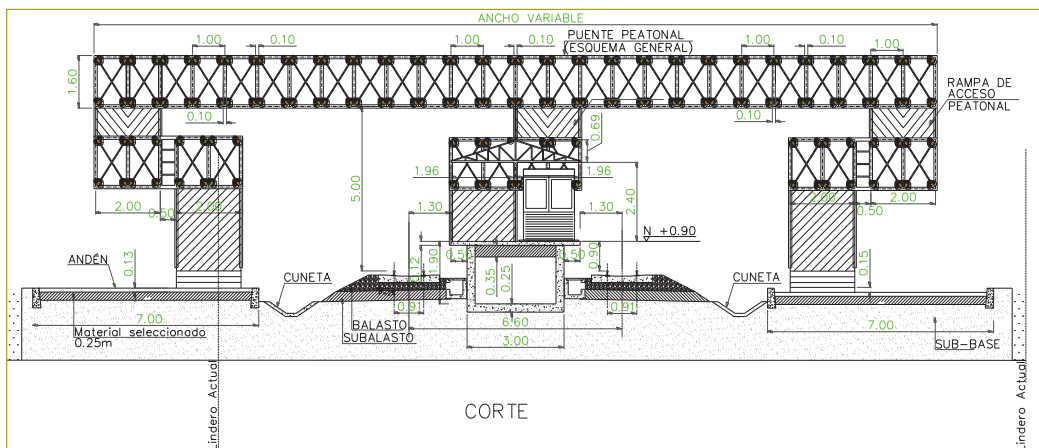
El corredor fue mal rehabilitado por Ferrocarriles del Norte de Colombia (Fenoco), de acuerdo con lo previsto en el contrato de concesión, incluyendo la construcción de cunetas y alcantarillas nuevas, la rehabilitación de las antiguas, construcción de muros de contención y el refuerzo.

La topografía es plana y no existen sitios de inestabilidad geotécnica. Se proponen las siguientes actividades de mantenimiento correctivo paraa ejecutar en el trazado.

**ESTACIONES Y PASOS PEATONALES**

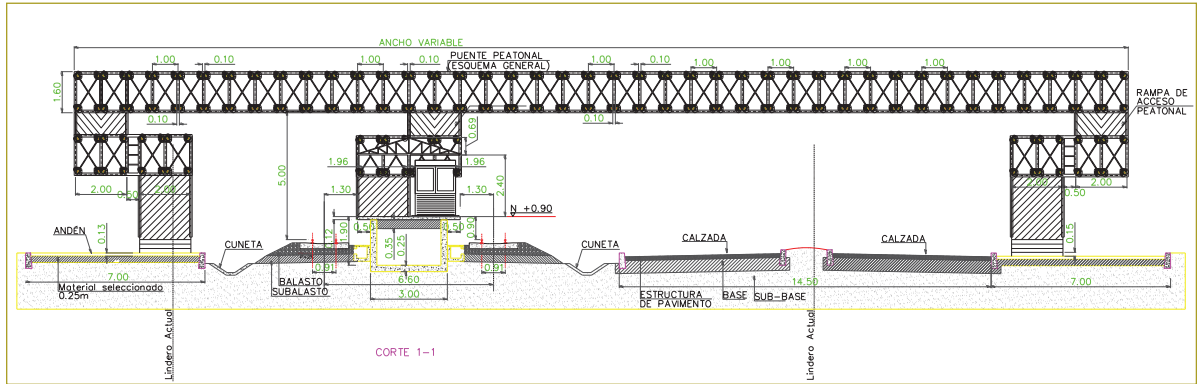
El servicio de pasajeros requiere la construcción de estaciones nuevas y adecuación de las existentes; también es necesario dotar al sistema de patios taller en los dos extremos, tal como se ilustra en los planos.

Las estaciones sencillas, denominadas tipo A, constan de: 1) Una plataforma central de 4,0 m de ancho por 60 m de longitud. 2) Una cubierta metálica con teja termoacústica sobre la plataforma. 3) Un puente metálico peatonal, con accesos desde los costados, complementados con rampas de 2,50 m de ancho y pendientes del 5 %. 4) Una caseta metálica para expedición de tickets. 5) Dos torniquetes para control del acceso de



**Figura 17.** Estaciones y pasos peatonales tipo A.

Fuente: Recomendaciones de diseño para proyectos de infraestructura ferroviaria, tren de cercanías para el Valle del Cauca.



**Figura 18.** Estaciones y pasos peatonales tipo B.

Fuente: Recomendaciones de diseño para proyectos de infraestructura ferroviaria, tren de cercanías para el Valle del Cauca.

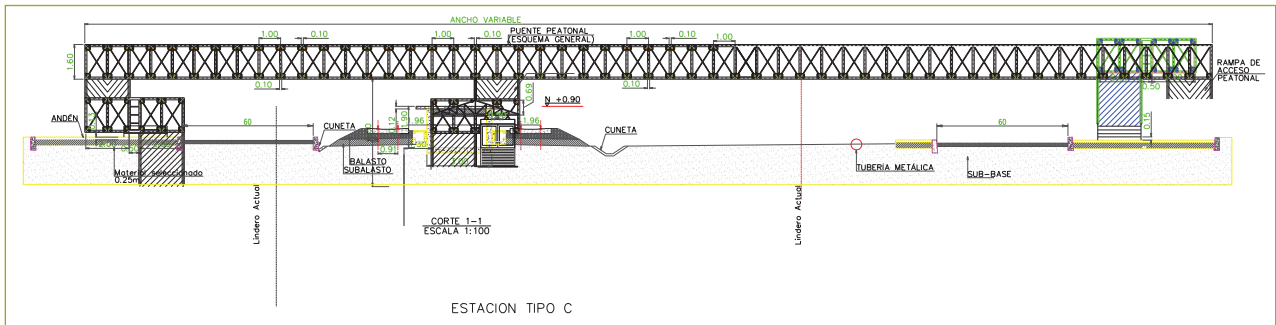
pasajeros. 6) Línea de ferrocarril paralela a la principal para circulación de los trenes en las dos direcciones.

La estación de La Caro y Chía, que corresponden a una estación terminal, denominada tipo B, tienen una estructura similar a la de las estaciones sencillas.

Adicionalmente tienen dos líneas de servicios laterales para acceder a zonas de taller para revisión y lavado.

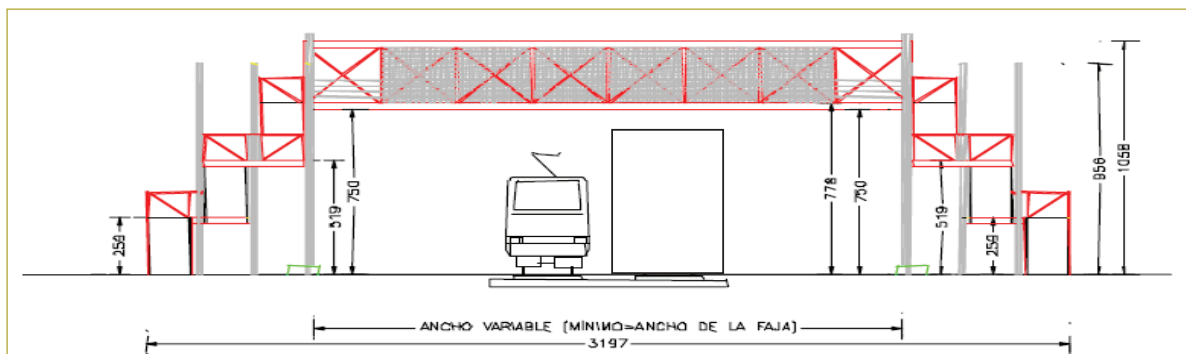
La estación de Zipaquirá, denominada tipo C, cuenta con una estructura similar a la de las estaciones sencillas.

Además tiene el taller principal con cuatro líneas de servicio, las naves de taller de inspección y alistamiento de trenes, taller de revisión menor y mantenimiento preventivo, taller de reparación de equipamiento mecánico, taller de reparación de componentes eléctricos y electrónicos, taller de soldadura y herrería, taller de baterías, vía de lavado, planta de combustible, almacenes generales y de partes de material rodante, área de sanitarios, regaderas y vestidores.



**Figura 19.** Estaciones y pasos peatonales tipo C.

Fuente: Recomendaciones de diseño para proyectos de infraestructura ferroviaria, tren de cercanías para el Valle del Cauca.

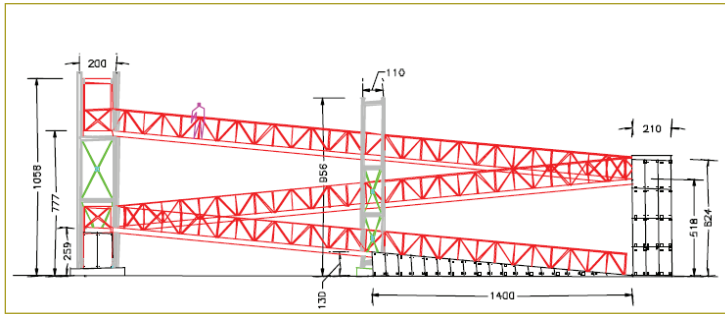


**Figura 20.** Paso peatonal recto elevado tipo frontal.

Fuente: Recomendaciones de diseño para proyectos de infraestructura ferroviaria.

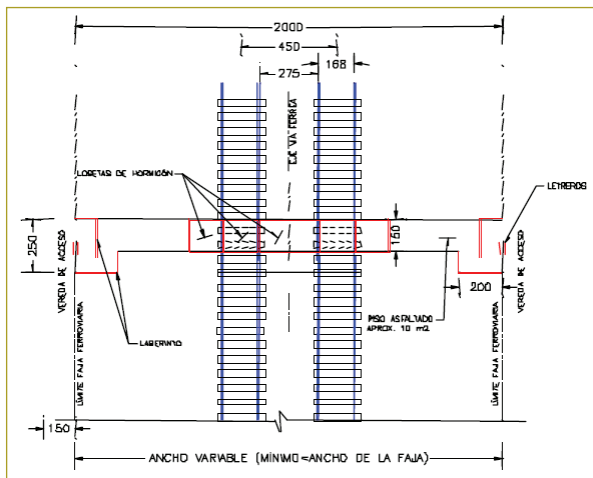
Todas las estaciones tienen un puente peatonal para acceder a ellas en forma segura. Los puentes son de tres tipos, según las vías aledañas en cada caso, como se ilustra en los planos.

El sistema de recaudo previsto tiene dos equipos de control por estación y un expendio de tiquetes.



**Figura 21.** Paso peatonal recto elevado tipo lateral.

Fuente: Recomendaciones de diseño para proyectos de infraestructura ferroviaria.



**Figura 22.** Paso peatonal a nivel en planta.

Fuente: Recomendaciones de diseño para proyectos de infraestructura ferroviaria.

### Talleres de mantenimiento y reparación de equipos

En la zona de patios y en los talleres se han de encontrar las instalaciones y equipos para mantener en condiciones de operación confiable y estado seguro el material rodante y las vías, así como permitir el estacionamiento de los trenes en horas de baja afluencia de pasajeros (horas valle) o al finalizar el servicio en la línea. También se podrán estacionar en un lugar predeterminado los vehículos auxiliares de mantenimiento.

El terreno deberá contener los siguientes elementos:

- Naves de taller de inspección y alistamiento de trenes.
- Taller de revisión menor y mantenimiento preventivo.
- Taller de reparación de equipamiento mecánico.
- Taller de reparación de componentes eléctricos y electrónicos.
- Taller de soldadura y herrería.
- Taller de baterías, vía de lavado, llanta de combustible, almacenes generales y de partes de material rodante, área de sanitarios, regaderas y vestidores.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Demanda

- El eje vial de Zipaquirá presenta una demanda de pasajeros de transporte público aproximada de 28.000 viajes/día. Esto se puede explicar por el desarrollo de nuevos proyectos de vivienda, en especial en la zona de Chía y Zipaquirá.
- En las horas pico de la mañana el sentido de mayor demanda se presenta hacia la ciudad de Bogotá.
- Para el corredor norte la velocidad promedio de los automotores es cercana a los 55 km/h.
- La accesibilidad de los usuarios al sistema se hace directamente en los centros urbanos regionales. En Bogotá, un porcentaje significativo requieren modos complementarios y con pago adicional para la terminación de su transporte urbano.
- La casi totalidad de los usuarios no disponen de vehículos propios para su movilización regular.
- Los motivos más importantes en la hora de la mañana son el trabajo y el estudio, y en la tarde el regreso al hogar.
- Los flujos de vehículos de transporte colectivo muestran una tendencia negativa los fines de semana, es decir, que la demanda es inferior a las demandas en los días normales de trabajo y estudio.
- Es muy importante tener en cuenta que en un periodo de 20 años es muy probable que la población del área en estudio se incremente en un 50 % como mínimo, con una tasa de crecimiento en promedio del 2,4 %.

## Oferta

- En el estudio se propone que se debe utilizar un tren tipo 2, de 37 metros de largo, con capacidad de 333 pasajeros, bidireccional. Se presentan los factores para la elección del material rodante con las siguientes características:
  - Por ser un tren bidireccional, no tendrá problema en incorporarse al sistema en estudio.
  - Este es el tren con la mayor capacidad ofrecida por la compañía Siemens, tomado como ejemplo tipo. Se considera que al transcurrir los años la demanda aumentará y, por lo tanto, no será necesario disponer de otra sección en un tiempo corto.

## Drenaje

- Se observa un claro abandono por parte de las instituciones encargadas del mantenimiento de este tipo de obras. Las cunetas, a pesar de tener una sección transversal adecuada para el manejo y control de las aguas que bajan hacia la trocha, debido a la obstrucción ocasionada por las basuras y escombros que arrojan al lugar, no se encuentran trabajando acorde con las necesidades de la vía.
- Los encoles y descoles de las alcantarillas de cruce no se pudieron identificar de manera clara, ya que la vegetación del lugar impide observarlos. Esto indica que las alcantarillas no se están trabajando en forma adecuada, difícilmente en temporada de lluvia se encaucen y controlen la totalidad de las aguas tanto superficiales como subsuperficiales.
- En algún sitio se observa que los filtros tipo francés que se supone deben estar sellados se encuentran expuestos, los materiales granulares no cumplen su función; dichos filtros están totalmente deteriorados y no trabajan de acuerdo con las necesidades del lugar.
- Por lo anterior se recomienda limpiar y mantener periódicamente cada una de las obras de drenaje aquí mencionadas. En ese sentido se ha corrido con suerte, ya que si se presentan lluvias extremas, así las obras posean la capacidad con las que se diseñaron, las aguas no se encauzarán y controlarán en su totalidad por el alto contenido de basuras, lo cual generará consecuencias graves en el corredor férreo.

## Paso a nivel

- Los pasos a nivel se encuentran en estado regular, la señalización se halla en buen estado, pero los rieles en el sitio de intersección no cuentan con las juntas y niveles adecuados; esto implica situaciones inseguras para los trenes que circulan por el lugar.
- Se recomienda también hacer un mantenimiento rutinario y correctivo de la señalización horizontal, ya que en su gran mayoría está traslúcida, lo que dificulta su identificación por parte de los conductores que circulan por la intersección.
- Los pasos a nivel del trayecto en su gran parte no cumplen con los estándares que deben tener como instalaciones de seguridad. Por eso hay que dotarlos de equipos e infraestructura apropiada para garantizar su funcionalidad y la seguridad de los vehículos en estos cruces.

## Generales

- La región de influencia del proyecto forma parte de la sabana de Bogotá y se considera como zona de desarrollo agrícola, ganadero, industrial, minera y habitacional.
- A pesar de las afectaciones fenomenológicas propias de las naturales, que de alguna manera han deprimido su desarrollo de manera transitoria, la sociedad y los gobiernos en su responsabilidad primaria tomarán las precauciones para su control.
- Por otro lado, a pesar de no ser la región de mayor crecimiento en el departamento de Cundinamarca, las expectativas de desarrollo son grandes.

## REFERENCIAS

- Centro de Estudios Democráticos (2009). Sistema Integrado de Transporte, una alternativa para la movilidad en Bogotá. Bogotá, D.C.
- DIAN (2010). Metodología Encuesta de Transporte Urbano de Pasajeros. Bogotá.
- Documento Conpes 3137 (octubre de 2001). Autorización a la nación para contratar un empréstito externo hasta por US\$120 millones con el fin de financiar el aporte de la nación en la concesión de la red férrea del Pacífico.
- Documento Cámara Colombiana de la Infraestructura (2012). Informe técnico 2012. Sistema Férreo Nacional. Seguimiento a proyectos de infraestructura.
- Ferrocarriles, integración y progreso para Colombia (s.f.). Gonzalo Duque Escobar. Monografía del Ranosatorio. Universidad Nacional.

- Ferrocarriles Nacionales (s.f.). Enciclopedia y biblioteca virtual. Revista *Observatorio de la Economía Latinoamericana*.
- Hay, W. (2002). *Ingeniería de transporte*. México: Editorial Limusa, S.A. Grupo Noriega Editores.
- Historia del ferrocarril en Colombia. Proyectos ferroviarios. Revista *La Otra Opinión*.
- Los puertos marítimos de Colombia se la juegan por la infraestructura (noviembre de 2009). Revista *Logística*, 7. Bogotá: Legis.
- Moreno, J. (2007). *La navegación y el transporte fluvial en Colombia* (1.ª ed.). Bogotá: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Montoya, D. (2011). Competitividad e infraestructura portuaria de la Costa Atlántica (puerto de Cartagena - puerto de Barranquilla) frente al puerto de Miami. Bogotá: Universidad del Rosario.
- Ministerio de Fomento (2011). Observaciones del transporte intermodal terrestre y marino. España: Secretaría de Estado de Transportes, Dirección General de Transporte Terrestre.
- Ministerio del Transporte (2011). Oficina Accesorio de Planeación. Colombia: Grupo de Planificación Sectorial.
- Oliveros, F., Rodríguez, M. & Megia, M. (1983). Tratado de explotación de ferrocarriles I: planificación. Madrid: Editorial Rueda.
- Ordóñez, J. (2002). El ferrocarril como columna vertebral del transporte sostenible. Notas editoriales. *Mientras Tanto*, 83-85, 106. Barcelona: Icaria Editorial.
- Presente y futuro de los ferrocarriles en Colombia (septiembre de 2010). Tercer Foro. Ing. Osvaldo Ricardo Bonelli. Santiago de Cali.
- Proyectos de ferrocarriles en Colombia (2011). Gustavo Arias de Greiff.
- Recomendaciones de Diseño para Proyectos de Infraestructura Ferroviaria (2010). Chile.
- Rehabilitación del Ferrocarril en Colombia (s.f.). Alejandro Uribe. *Revista Economía y Política del Mundo*.
- Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá (2009). Destino Capital, Movilidad Sostenible. Bogotá.
- Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá (2011). Plan Maestro de Movilidad. Bogotá.
- Sistema Férreo Nacional (2012). Cámara Colombiana de la Infraestructura.
- Steer Davies Gleave (2001). Informe ejecutivo: estudio de demanda para el tren de cercanías de la sabana de Bogotá. Bogotá.
- Superintendencia de Puertos y Transporte (2013). Informe consolidado 2012. Bogotá: Ministerio de Transporte.
- Información minera de Colombia. [www.imcportal.com](http://www.imcportal.com).

# Los principios de gestión de la calidad y el desempeño de las organizaciones al implementar un sistema de gestión de la calidad

## Quality management principles and organizations' performance by implementing a quality management system

LUZ ANGÉLICA RODRÍGUEZ BELLOM MYE SANTIAGO DAZA ROJAS,  
DANIELA ALEJANDRA ORTIZ TÉLLEZ, PAOLA ALEXANDRA ORJUELA DÍAZ,  
JUAN SEBASTIÁN RINCÓN MAFLA

Programa de Ingeniería Industrial de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

angelica.rodriguez@escuelaing.edu.co - mye.daza@mail.escuelaing.edu.co - daniela.ortiz@mail.escuelaing.edu.co - paola.orjuela@mail.escuelaing.edu.co - juan.rincon@mail.escuelaing.edu.co

Recibido: 25/10/2016 Aceptado: 15/11/2016

Disponibile en <http://www.escuelaing.edu.co/revista.htm>

### Resumen

En este artículo se revisa la literatura científica de las investigaciones existentes sobre la aplicación de los principios de gestión de la calidad (PGC) y su impacto como factores de éxito en la implementación del sistema de gestión de la calidad en diversos sectores de servicios y manufactura (agrario, alimenticio, comercial, de la construcción, electrónico, farmacéutico, financiero, hotelero, minero, textil, de la salud, entre otros), que se publicaron en bases de datos multidisciplinarias de revistas académicas y colecciones de revistas latinoamericanas. Para la investigación se consideran los principios de gestión de la calidad según la ISO 9000 y los cambios relevantes en la organización después de la implementación del sistema de gestión de la calidad (SGC). Se destaca que cada sector tiene PGC y resultados de desempeño diferenciado. Sin embargo, los PGC que sobresalen en todos los sectores son participación de las personas y enfoque basado en procesos, en tanto que los principales resultados de desempeño en las organizaciones son la mejora continua, mejora del producto o servicio, sistema y desempeño basado en clientes, sin que estos resultados se vean reflejados en la participación del mercado.

**Palabras claves:** principios de la calidad, desempeño de las organizaciones, sistemas de gestión, calidad.

### Abstract

This study provides a literature review of existing research on the application of the principles of quality management and its impact as success factors in implementing the quality management system in various service and manufacturing sectors (agricultural, food, commercial, construction, electronic, pharmaceutical, financial, hospitality, mining, textile, health, among others) published in different multidisciplinary databases of academic journals and collections of Latin American journals. For this research ISO 9000 principles of quality management are considered and relevant changes in the organization after the implementation of the management system. Thus, it is highlighted that each sector has their own principles of quality management and differentiated performance results. However, the principles of quality management that excel in all sectors are: people's participation and process-based approach and the main performance outcomes in organizations are: continuous improvement, product & service improvement, system and client-based performance, without achieving reflected results in market share.

**Keywords:** quality principles; organizational performance; management systems; quality.



## INTRODUCCIÓN

Según la Organización Internacional de Estandarización (ISO, por su sigla en inglés), la gestión de la calidad permite a las empresas lograr una mejora en la satisfacción de los clientes y empleados, así como en los resultados empresariales, mediante la capacidad para alcanzar mejoras en las actividades y en su rendimiento (ISO, 2015). En este sentido, la gestión de la calidad se ha convertido en una necesidad para el éxito en los mercados, ya sea en servicios o manufactura, por su capacidad de incrementar los resultados empresariales de la organización.

Para la implantación del sistema de gestión de la calidad (SGC) es necesario tener en cuenta los principios de gestión de la calidad (PGC), y si éstos se gestionan en forma adecuada, mejoran la imagen y la excelencia empresarial (ISO, 2015). Se contemplan los ocho PGC según la norma ISO 9000:2005, los cuales son enfoque en el cliente, liderazgo, participación de las personas, enfoque basado en procesos, mejora continua, enfoque basado en hechos para toma de decisiones, enfoque de sistemas para la gestión y relaciones con los proveedores de beneficio mutuo, al igual que su influencia en aspectos como mejora del producto o servicio, eficiencia en los procesos, sistema y desempeño basado en el cliente, rendimiento financiero y participación en el mercado. Cada uno de estos aspectos se seleccionó según el éxito que tenía el sector en la implementación del SGC a medida que se realiza la revisión de la literatura.

El objetivo principal es determinar la influencia de los PGC en las organizaciones después de haber implementado el sistema de gestión que permite establecer los factores de desempeño, por medio de la revisión y análisis de artículos en temas relacionados con la aplicación del SGC en diferentes sectores de servicio y manufactura.

## ANTECEDENTES

Por años, las organizaciones e instituciones especializadas se han encargado de difundir estándares de calidad. La ISO, una de las principales organizaciones encargadas de la promoción y difusión de acuerdos en cuanto a la calidad, se ha centrado en promover la cooperación intelectual, científica, tecnológica y económica entre naciones. Gracias a esto, la ISO 9001 se ha convertido en un estándar internacional sobre los

SGC de las organizaciones. Según la ISO, desde 1987 las organizaciones tienen la posibilidad de obtener la certificación de sus SGC por parte de una entidad autorizada para ello, siempre y cuando cumpla con los requisitos establecidos en la norma.

En la actualidad, dados su alcance y su consolidación, la norma se ha adaptado en una nueva versión y codificado como ISO 9001:2015, actualizando su objetivo y alcance, convirtiéndose en un requisito indispensable para el acceso a nuevos negocios y mercados existentes. Sin embargo, la no certificación no implica que estas organizaciones no cuenten con un SGC.

La base de los principios ISO 9000 se creó y estableció sobre todo en el Departamento de Defensa de Estados Unidos con el desarrollo de sus programas de calidad MIL-Q-9858 y MIL-Q-9859; es aquí donde se adapta el primer manual de aseguramiento de calidad. Luego, en el año 1979, se pasa a la aplicación comercial civil de la mano del Instituto Británico de Estandarización. En 1987, la ISO se basa en todos los sistemas de normalización, principalmente con la adaptación de la norma BS-5750, iniciando así la serie de estandarización actual ISO 9000.

A partir de la implementación de este nuevo sistema, que integra políticas, pautas y normas, entre otros elementos, se han desarrollado investigaciones que permiten tener una aproximación al problema relacionado con el impacto de estos sistemas en las organizaciones, que se basan en los siguientes interrogantes: ¿Los SGC realmente tienen un impacto importante en la organización? ¿Qué diferencia existe entre organizaciones en la implementación de los SGC? ¿Cómo se desarrollan los procesos de la gestión de las organizaciones? ¿Aporta los costos asociados que implica el cumplimiento de los requisitos de la norma ISO 9001?

En 1997 se estudiaron de manera empírica, en 649 organizaciones certificadas distribuidas en cuatro países (Estados Unidos, India, China y México), la efectividad de la gestión de la calidad en las organizaciones, su relación con las prácticas gerenciales y la calidad de los resultados, obteniendo entre sus hallazgos que las empresas que contaban con un sistema de gestión poseían mayores niveles de calidad en cuanto a factores como liderazgo, información y análisis, estrategia de planificación, desarrollo de recursos humanos, relación con las partes interesadas y calidad de los resultados. Desde entonces se han realizado investigaciones en las

que se comparan medidas de rendimiento de empresas certificadas y no certificadas en la industria de servicios en general; por ejemplo, Casadesus & Giménez (2000) reportaron en su estudio que el 65 % de las organizaciones que implementaban SGC en España contaban con mayores beneficios internos, gestión de recursos humanos y gestión de operaciones; externos, satisfacción del cliente, menos quejas del cliente, retorno sobre ventas e inversión. Estos resultados son consecuentes con los que se reportaron después (Nava & Rivas, 2008; Benzaquen, 2013), en los cuales se observaron ventajas en estas organizaciones en cuanto a documentación, comunicación interna, conocimiento de los empleados y eficiencia en la operación.

Aunque en muchas de las investigaciones se ha encontrado un efecto positivo en la implementación de SGC, la investigación no es concluyente sobre las ventajas competitivas de la implementación de la norma ISO. Por ejemplo, en varios estudios se ha hallado un efecto positivo de la norma ISO 9001 en el rendimiento (Bernardo et al., 2015; Benzaquen, 2014; Benzaquen & Convers, 2013; Nápoles & Moreno, 2013; Rezaei, et al., 2011; Bonilla, 2010; Corbett, 2006; Iñiguez, 2004; Perdomo & González, 2004; Naveh & Marcus, 2004; Escrig, 2001; Jones et al., 1997), mientras que en otros estudios no se observa una relación significativa (Martínez-Costa et al., 2008; Singh, 2008; Terziovski et al., 1997). Además, Benner & Veloso (2008) mostraron que la aplicación de ISO 9001 tiene ventajas de rendimiento, pero estos beneficios disminuyen con el tiempo, lo que pone en duda los beneficios a largo plazo de la aplicación de las normas. Igualmente, se argumenta que el beneficio de rendimiento de la decisión de momento depende del nivel de competitividad de la industria, así como de la absorción de la capacidad de la empresa.

Por tal motivo, se ve la necesidad de comparar los PGC de un conjunto de empresas en el sector de servicios y manufactura, el cual permite reconocer cada uno de los factores de desempeño e identificar sus beneficios a lo largo del tiempo.

## METODOLOGÍA

La metodología de investigación es cualitativa y se desarrolla en tres etapas. En la primera etapa se revisan los formatos, temas y variables descritos en los estudios seleccionados (empresas del sector de servicios y ma-

nufactura). En la segunda etapa se analizan los artículos publicados en los últimos diez años sobre los PGC y factores de desempeño generados por la implementación de un SGC, tomando como base los estándares ISO 9001, versiones 2000 y 2008. La segunda fase consiste en la selección y clasificación de los artículos según los PGC y factores de desempeño definidos. Además, se requiere que estas empresas se hayan certificado y que, a partir de ahí, muestren mejora continua hasta la fecha desde un enfoque gerencial. La tercera etapa consiste en la síntesis de los análisis individuales realizados, lo que permite sacar conclusiones de los artículos examinados y hacer recomendaciones para investigaciones futuras.

El proceso de búsqueda de artículos se lleva a cabo por medio de bases de datos de revistas científicas como *Emerald*, *ScienceDirect* o las de Elsevier. En estas bases de datos se usan palabras claves como ISO 9000, SGC, factores de desempeño, implementación ISO, así como mejora continua y principios de la calidad. También se hacen búsquedas en páginas web de revistas académicas, de artículos que no estaban disponibles en las bases de datos mencionadas. En estas búsquedas, el objetivo principal es la identificación de revistas de interés con historial de publicaciones en el tema del estudio que cobije a autores latinoamericanos. En total, se agrupan 34 artículos entre artículos y revistas en bases de datos y artículos en línea, los cuales se llevaron a revisión por parte de un investigador para determinar su validez basándose en el título y el resumen de cada artículo, buscando incorporar investigaciones del desempeño de las organizaciones al implementar un SGC.

La elaboración de las gráficas a lo largo del artículo es de tipo descriptivo con observación parcial, donde se describe y analiza una muestra de datos, en este caso la presencia de un PGC y factor de desempeño en la implementación de un sistema de gestión, para obtener una relación existente entre los PGC y factores de desempeño de la organización con el fin de compararlos y encontrar evidencia de cuál o cuáles PGC pueden llevar al éxito a una organización a la hora de implementar un SGC.

Los tipos de gráficos utilizados son gráficos de barras simples para mostrar la frecuencia de una variable cualitativa o cuantitativa discreta y, ocasionalmente, en la representación de series cronológicas o históricas.

La metodología de clasificación de cada artículo se fundamentó en los PGC y los factores de desempeño

que, a criterio del grupo investigador, se determinaron como los más relevantes. Cabe destacar que la mejora se deja como principio, pero también se considera como un factor de desempeño. Los PGC son:

### Principios de gestión de la calidad

- Enfoque en el cliente
- Liderazgo
- Participación de las personas
- Enfoque basado en procesos
- Enfoque de sistemas para la gestión
- Enfoque basado en hechos para toma de decisiones
- Relaciones de beneficio mutuo con los proveedores
- Mejora continua

### Factores de desempeño

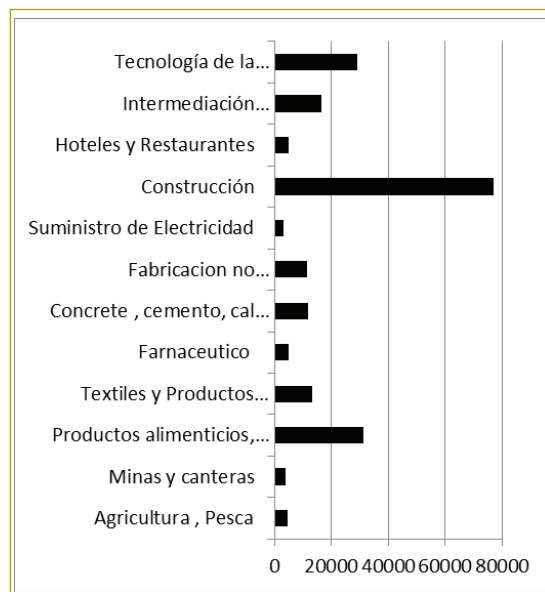
- Mejora del producto o servicio
- Eficiencia de los procesos
- Sistema y desempeño basado en el cliente
- Rendimiento financiero
- Participación en el mercado

Para la selección de cada PGC y factor de desempeño, en el análisis de cada uno de los artículos revisados se mencionan los intereses específicos del sector y posteriormente se examinan la frecuencia e importancia con que se presentan los PGC y factores de desempeño en todos los artículos analizados con base en el sector, PGC y factor de desempeño resaltado.

### EMPRESAS CERTIFICADAS POR PAÍS Y SECTOR SEGÚN ENCUESTA ISO

Con el fin de profundizar en la certificación de cada país, se tomó una muestra de trece países (Indonesia, Turquía, España, República Checa, Cuba, Estados Unidos, México, Colombia, Perú, Venezuela, China e Italia), los cuales, al momento de realizar la investigación y recolección, predominaron en muchos de los artículos encontrados, por lo que se los tomó como referencia. A su vez, con la información obtenida en la ISO Survey se encontraron los países con más certificaciones a escala mundial, lo que condujo a volverlos parte de la muestra. Basados en esto, se pudo definir cuáles eran los sectores con mayor certificación en cada país, llegando a la

conclusión de que el sector de fabricación de metales es el más certificado.

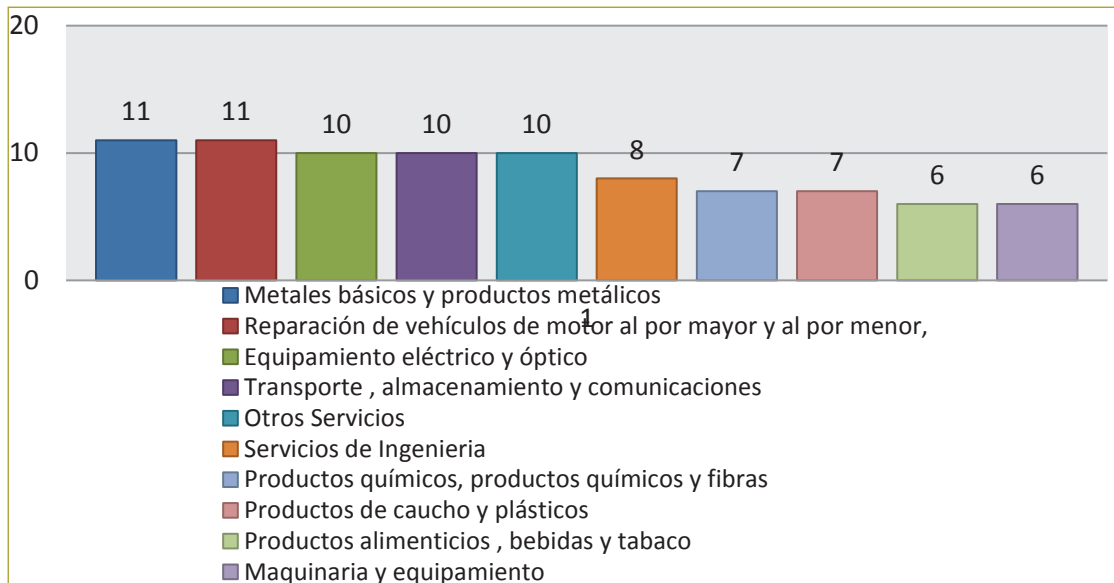


**Figura 1.** Sectores con más empresas certificadas en ISO 9001.

### RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Al analizar los artículos se encontró que la gente cumple un papel importante dentro de las organizaciones a la hora de implementar un sistema de gestión, en especial para aquellas que desarrollan planes de capacitación de las personas, ya que saben que es su activo más valioso, el cual deben cuidar y mantener motivado. Así, se encontró que el PGC más aplicado es la participación de las personas, con un 85,3 % (figura 3), con base en el total de artículos recolectados.

Las personas motivadas, comprometidas, facilitan los procesos; además, su experiencia se gestiona y ayuda a crear procesos más eficientes y eficaces, y así forjar una organización madura, con una cultura y un clima organizacional que facilitan la implementación del sistema de gestión. Entre los aspectos más destacados se encuentran la creación de un plan de carrera, trabajo en equipo, comunicación efectiva tanto vertical como horizontal entre las áreas de la organización, conocimiento de los objetivos para lograrlos, creación de procesos como contratación y selección, y generación de compromiso.



**Figura 2.** Sectores representativos de la muestra.

En contraste, el PGC con menos participación en el SGC es relación de beneficio mutuo con los proveedores, con una participación del 35,3%, donde se evidencia que las empresas tienen el precio como criterio prioritario en la selección del proveedor, lo que repercute en la eficiencia de la organización con insumos de baja calidad, sobrecostos y baja calidad de servicios.

El factor de desempeño con mayor participación es la mejora del producto y mejora del servicio (55,9 %), donde se obtienen resultados en la creación de procesos de valor, los cuales son cruciales en la calidad del producto, dependiendo del sector productivo.

El factor de desempeño menos mencionado es el mercado, cuya participación es apenas del 14,7 % (figura 3). Esto deja en evidencia que las organizaciones analizadas aún no tienen la madurez para implementar un sistema de gestión que les permita impactar el mercado, sino que por el contrario han obtenido mejora de sus procesos y sistemas para poder atender al cliente de la mejor manera posible.

### Cambios relevantes al implementar un sistema de gestión, según el sector

A continuación se presentan los sectores más sobresalientes dentro de la investigación, entre los cuales se encuentran el agrario, alimenticio, comercial, de la construcción, electrónico, farmacéutico, financiero, hotelero,

de la información, manufacturero, minero, público, de la salud, textil, turístico y varios (conjunto de sectores de organizaciones de Latinoamérica), donde se analizan los cambios que se presentaron en los PGC, así como los factores de desempeño (Ruiz-Torres et al., 2015). Se toman en cuenta estos rangos de importancia: mayores de 67 %, muy importante; entre 50-66 %, importante, y entre 0-49 %, sin importancia. Según esto, se encontró:

#### Sector agrario

Según la Organización de los Estados Americanos (OEA), el sector agrario ha aportado al producto territorial bruto en forma casi constante, es el que más contribuye al producto interno bruto (PIB), con 27 %; le siguen en importancia el comercial y la industria manufacturera, con el 22 y el 19 %, respectivamente. Esta proporción, que entre los tres sectores mencionados alcanza casi un 70 %, no ha variado en los últimos diez años, por lo que se hace importante la integración y consolidación de cadenas productivas agrarias para mejorar las condiciones del mundo rural mediante la optimización del rendimiento de los procesos.

Según Ortiz-Marcos et al. (2012), las cadenas productivas agrarias presentan dificultades antes de la implementación del SGC por los siguientes motivos:

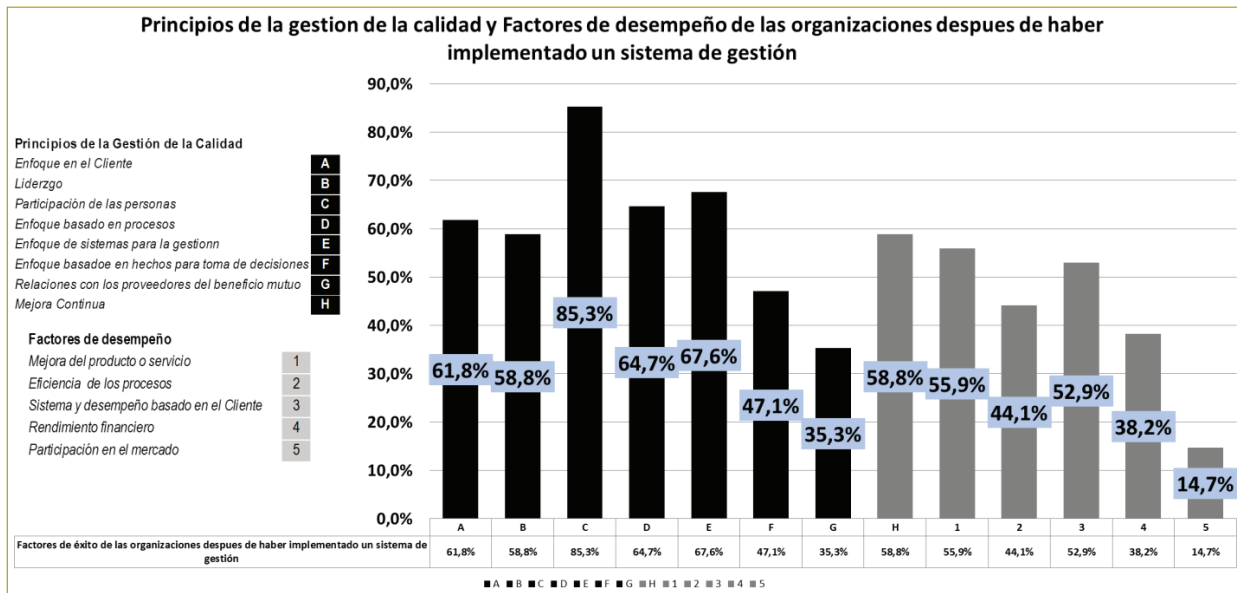


Figura 3. Importancia de los PGC y factores de desempeño.

- La exportación de los productos a otros mercados, ya que se les exige demostrar su calidad a través de sellos de certificación de su sistema de producción y de sus propios productos.
- La exigencia de que las entidades promotoras mejoren su sistema de gestión para realizar una labor de apoyo cada día más eficaz y eficiente.

Con la puesta en práctica del SGC se presentaron cambios que ayudaron a superar sus dificultades y permitieron la integración de los procesos mediante los PGC, como el liderazgo de la alta dirección, que dota a la organización de una visión global y estratégica; la participación de las personas, lo que favorece su integración; el enfoque basado en procesos, que permite la identificación de los procesos estratégicos, los procesos operativos y los procesos de apoyo; el enfoque de sistemas para la gestión con la integración de otros sistemas normalizados, como los medioambientales.

Con la mejora continua se logra la identificación de oportunidades para iniciar un cambio que mejora la gestión de la organización, así como los factores de desempeño asociados al rendimiento del producto o servicio, lo que ayuda a su principal dificultad en cuanto a la exportación a los productores de ajonjolí, marañón, frijón, miel y café; para el rendimiento de los procesos se comienza un control de los programas de limpieza y desinfección, control de plagas, equipos y utensilios,

procesos de la planta y producción, almacenamiento y distribución de los productos procesados. El sistema y el desempeño basados en el cliente se centran en la satisfacción del cliente y cumplimiento normativo, mientras que el rendimiento financiero se reduce a los costos de implantación, certificación y mantenimiento y participación en el mercado.

Cabe destacar que en este sector las organizaciones beneficiarias cuentan con buenos volúmenes comerciales para hacer más atractivo al mercado (Vilar et al., 2004).

### Sector alimenticio

Según las normas de la industria alimentaria denominadas Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC), los consumidores esperan que el consumo de alimentos sea seguro, por lo que se les exige a las empresas que adopten modelos alimentarios que les permitan un enfoque preventivo, identificando y controlando riesgos antes de que éstos pongan en juego la seguridad de los alimentos. En todos los países, el sector alimenticio evoluciona con un paralelismo constante y progresivo respecto a su desarrollo económico, social y cultural, motivado en mayor medida por la globalización, internacionalización y creciente competitividad de los mercados.

Con base en la revisión de la literatura se encuentran PGC y factores de desempeño relevantes que se presentaron en diferentes organizaciones (Sumaedi



& Yarmen, 2014; Berovides-Castellón & Michelena-Fernández, 2013), donde se muestran cambios comunes en los PGC, como los siguientes:

- *Enfoque al cliente.* Las organizaciones identifican las necesidades del cliente y muestran un trato amable a los clientes con un buen manejo de quejas y reclamos.
- *Liderazgo.* La alta dirección participa activamente y se obtiene un sistema coherente y eficaz de desarrollo y revisión objetiva de la calidad, se elimina la resistencia al cambio que afectaba la implementación del SGC.
- *Participación de las personas.* Es el principio con mayor relevancia en este sector. Se logra armar un sistema coherente y eficaz de la formación, competencia del personal, contratación y satisfacción de los empleados. Con esto se elaboran procedimientos generales, procedimientos operativos y estándares nuevos; las capacitaciones favorecieron la identificación de los procesos, ya que los empleados no mostraban conocimiento de los procesos que se llevan a cabo en la empresa.
- *Enfoque basado en procesos.* Muestra un cambio importante, ya que ayuda al establecimiento de métodos de ejecución claros, donde el sistema de medición y control del proceso es eficaz y coherente, y los procesos cumplen las condiciones higiénicas en la producción y distribución de los productos.
- *Enfoque en sistemas para la gestión.* Se mejora el proceso de comunicación interna y se da una claridad a los objetivos de la organización, lo que se refleja en la participación de las personas mediante la gestión del capital humano.

En materia de factores de desempeño se destacaron éstos:

- *Rendimiento del producto o servicio.* Se le agrega valor al producto con un excelente nivel de calidad.
- *Rendimiento de los procesos.* Mejoran el ciclo y reducen la falencia en el mantenimiento y los servicios adicionales que se prestan en el sector.
- *Sistema y desempeño basado en cliente.* Se evidencia la excelencia entre la calidad del producto facturado y la cantidad del producto servido, fortaleciendo de esta manera la confianza del consumidor.

- *Rendimiento financiero.* Vela por la disminución de los costos totales de producción.

A continuación se muestra la contribución porcentual de cada PGC y factor de desempeño del sector alimenticio, donde se refleja que el 100 % de los factores de participación de las personas, enfoque basado en procesos, rendimiento del producto o servicio, rendimiento de los procesos, sistema y desempeño basado en los clientes son claves en el éxito de la aplicación del SGC. Se destaca la importancia que se da al producto y al consumidor, seguidos de enfoque al cliente, liderazgo, enfoque de sistemas para la gestión y rendimiento financiero con un 67 %, que aunque contribuyen en un menor porcentaje, siguen siendo fundamentales en la implementación del sistema.

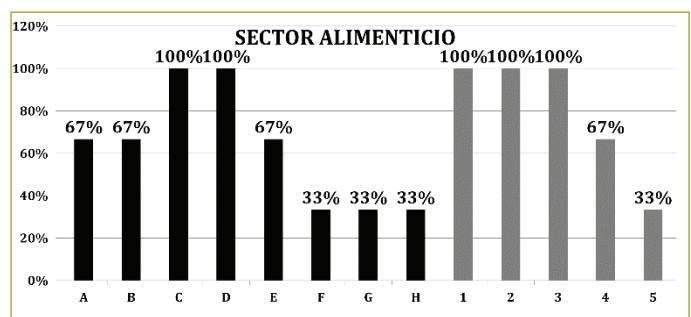


Figura 4. Contribución porcentual de los PGC y factores de desempeño en el sector alimenticio.

### Sector comercial

En esta época de globalización el comercio es esencial, ya que permite que las empresas muestren su desarrollo para competir en un mercado internacional. Su trascendencia radica en que el comercio de bienes es lo que permite a la sociedad sobrevivir, pues por un lado se cuenta con las provisiones y por el otro existe el modo de conseguir dinero para poder comprarlas.

El SGC dota a la gestión del sector comercial de un contenido multidimensional que busca la excelencia a lo largo de la cadena de creación de valor de la empresa con una clara orientación hacia mercado y cliente, enfatizando en la calidad total del servicio. En el proceso de investigación se hallaron algunos PGC que tuvieron que ver en la implementación del SGC (Blanco & Gutiérrez, 2008). En este artículo se identifican correctamente las necesidades del cliente, permitiendo así su adap-



tación, ya que se reflejaba un desenfoco en cuanto a las necesidades, lo que impedía una visión clara de las acciones que se debían tomar para la satisfacción total del consumidor, liderazgo, fortalecimiento del compromiso de los puestos directivos, participación de las personas, contratación y satisfacción de los empleados y relaciones con los proveedores de beneficio mutuo, que es el factor crítico de este sector por la estrecha y continua relación que se tiene durante toda la cadena de abastecimiento; en la implementación del sistema de gestión se permite un análisis de los procesos de negocio: proveedor a cliente. Se mostraron resultados en los factores de desempeño de rendimiento del producto o servicio, se generan programas de innovación, desarrollo y mejora de productos, rendimiento de los procesos, el tiempo de compra en los supermercados es mínimo, sistema y desempeño basados en clientes, satisfacción de las necesidades actuales y futuras de los clientes, un diálogo constante y directo con el cliente, siempre adelantándose a sus necesidades; una vez puesto en práctica el rendimiento financiero, se reflejó un incremento de las ventas en cada uno de los supermercados de cadena.

### Sector de la construcción

La construcción se ha consolidado como uno de los sectores que más aportan al crecimiento de los países con su contribución al PIB. Según estudios del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), para 2014 la economía colombiana creció 4,5 % con respecto al año anterior, cifra que se explica principalmente por la expansión de los sectores de la construcción (9,9 %).

Actualmente, este sector presenta un desempeño favorable, lo que lleva a la economía a un crecimiento sustancial, por lo que se hace cada vez más importante la aplicación de un sistema de gestión que logre la calidad total de la construcción de un país. Con base en la investigación, se encuentran algunos cambios en el desempeño de las organizaciones que forman parte del sector de la construcción, en PGC y factores de desempeño, como los siguientes:

- *Enfoque al cliente.* Se permite establecer un sistema que identifica los factores de calidad en el servicio, desde la perspectiva del cliente, que tienen mayor impacto

en mediciones de satisfacción y lealtad, como por ejemplo una entrega oportuna del producto.

- *Participación de las personas.* Se hace un desglose organizacional estructural (OBS), con líneas apropiadas de comunicación.
- *Enfoque de sistema para la gestión.* Orientado a un sistema de gestión del desempeño del personal, se desarrolla un sistema para medir el desempeño del personal y aplicar posteriormente el factor de rendimiento obtenido.
- *Enfoque basado en hechos para la toma de decisiones.* Se crea una herramienta de decisión para los directivos con el fin de seguir las actuaciones de los empleados, pero también se tienen en cuenta el tiempo de la entrega del producto y la atención del asesor para satisfacer al cliente.

En la figura siguiente se muestra la contribución porcentual de cada PGC y factor de desempeño con base en los artículos encontrados en la investigación, en los que se ve la poca participación del sistema de gestión en la construcción. Se tienen como PGC muy importantes el enfoque al cliente, participación de las personas, enfoque de sistema de gestión y enfoque basado en hechos para la toma de decisiones (figura 5).

En cuanto a los factores de desempeño se reflejan pocos resultados adicionales a los PGC, siendo factores sin importancia en el sector de la construcción, pues influyen 33 % en el rendimiento financiero y sistema de desempeño basado en el cliente, lo que muestra una relación con el enfoque al cliente como PGC (Vera & Trujillo, 2013; Vintró, 2011; Chong, 2006).

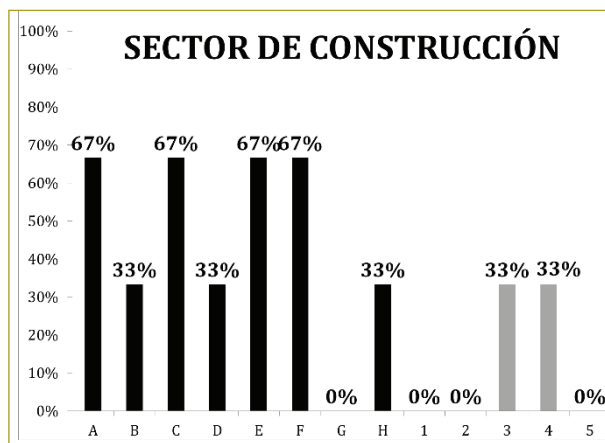


Figura 5. Contribución porcentual de los PGC y factores de desempeño en el sector de la construcción.

### Sector electrónico

El entorno actual se caracteriza por un cliente cada vez más conectado a las redes sociales, lo que demanda productos personalizados y lleva a las empresas a ofrecer servicios electrónicos innovadores, integrando lo físico con lo virtual. El sector electrónico tiene importantes connotaciones en términos estratégicos y sociales, por lo que se necesita conocer cuáles son los condicionales del éxito de sus canales de distribución en internet; por ello se analizaron las dimensiones de la calidad de los servicios electrónicos y el efecto en la satisfacción del cliente, y se encontraron los siguientes cambios con base en el artículo (Del Alguila-Obra et al., 2012):

- *Enfoque en el cliente en cuanto al cumplimiento, entretenimiento y servicio al cliente.* Se presenta un sistema eficaz que permite identificar correctamente las necesidades del cliente.
- *Enfoque basado en procesos.* Se incluye la seguridad, garantizando la protección de los datos personales y la certidumbre en el momento de la transacción, siendo éste su principal objetivo para garantizar la calidad del servicio.

Entre los factores de desempeño se destacaron:

- *Rendimiento del producto o servicio.* El primer producto en el sector electrónico es la información, por lo que con el sistema de gestión se mejoraron los atributos asociados a la eficiencia, concretamente a los elementos relacionados con la información, el diseño y la facilidad de uso de los servicios prestados.

### Sector farmacéutico

El sector farmacéutico contribuye a lograr un impacto científico y tecnológico que expresa la capacidad que tiene una organización para ayudar a la consecución de nuevos descubrimientos o avances en el campo del conocimiento y su incidencia en el progreso científico o desarrollo tecnológico. La calidad ofrece ventajas en el aseguramiento, siendo útil para la diferenciación y flexibilidad de los procesos al estimular el mejoramiento continuo y la innovación.

En la presente investigación se encuentran los siguientes PGC y factores de desempeño relevantes:

- *Liderazgo para este sector.* Se presentó la resistencia al cambio por parte de la alta dirección, debido a que los beneficios económicos no eran bien atendidos y estimados a largo plazo, se tomó un tiempo para la participación de la dirección junto con la de los responsables de cada proceso.
- *Participación de las personas.* Se mejoran los resultados de los empleados, que entienden las necesidades de los clientes internos por medio de programas de formación, capacitación y entrenamiento.
- *Enfoque basado en procesos.* Se obtiene una metodología de ejecución clara, se llevan procesos con una alta gama de equipos, se identifican, determinan y clasifican los procesos fundamentales, sus responsables y criterios de medida.
- *Enfoque de sistemas para la gestión.* Se realiza gestión de manufactura y conocimiento, se establecen vías de comunicación eficaces y efectivas.
- *Rendimiento del producto o servicio.* El sector de la construcción es uno de los que más se preocupan por la mejora continua en sus servicios, lo que permite el incremento de la seguridad en el desarrollo del producto, con menos acciones correctivas durante el ciclo de vida del producto, obteniendo un producto de calidad superior.
- *Mejora continua.* Se comparten e implementan mejores prácticas en el diseño del producto y también se tiene una comunicación y retroalimentación constante, lo que individualmente deriva en la mejora continua de los procesos.
- *Auditorías o autoinspección de calidad.* Se evalúan periódicamente la aplicabilidad y efectividad del sistema de aseguramiento de la calidad.
- *Rendimiento de los procesos.* Maximización de la eficiencia, de la agilidad y flexibilidad de la manufactura farmacéutica, cumpliendo con el plan anual de producción sujetos a la demanda del mercado.
- *Sistema y desempeño basado en el cliente.* Alto grado de confianza en los medicamentos con un aseguramiento de la calidad y la seguridad de los productos y servicios (Formoso et al., 2013; García et al., 2015).

### Sector financiero

Los servicios de las instituciones financieras cumplen un papel trascendental en la sociedad moderna. La globalización ha llevado a las instituciones financieras

a ser competitivas, con inversión tecnológica e innovación como estrategia de diferenciación para asegurar la fidelidad del cliente. Por ello las instituciones deben hallar formas menos convencionales para el desarrollo y mantenimiento de sus ventajas competitivas, poniendo énfasis sobre aspectos intangibles que agregan valor a los servicios prestados; para esto implementan sistemas de gestión que les permiten cambios relevantes.

Según Morillo et al. (2011), estos son algunos PGC y factores de desempeño que se presentan en el sector financiero:

- *Enfoque al cliente.* La organización busca los mejores intereses para el cliente por medio de un trato amable, servicio cercano y de calidad.
- *Participación de las personas.* Amabilidad y cortesía por parte del personal, lo que ayuda a la resolución de conflictos.
- *Capacitación de los empleados.* Estimula la participación en la toma de decisiones y genera un mayor interés por los clientes.
- *Enfoque basado en procesos.* Se estandarizaron las operaciones y procedimientos de comisiones y cobros, debidamente establecidos y especificados, que permiten la confidencialidad a los usuarios.
- *Enfoque de sistemas para la gestión.* Formulación de estrategias para la recuperación debido a la existencia de errores.
- *Rendimiento del producto o servicio.* Administración de los tiempos de espera, organización del personal, utilizando una mayor cantidad de personas con entrenamiento cruzado, lo que permite un servicio de calidad, rápido y ágil.
- *Rendimiento de los procesos.* Correcta ejecución de las operaciones, comisiones y cobros.
- *Sistema y desempeño basado en procesos.* Uno de los aspectos importantes en el sector financiero es brindarle al cliente seguridad desde el momento en el que le confía su dinero a la entidad, la implementación del sistema de gestión permitió la confiabilidad a los clientes, lo que produjo motivación para recomendar la entidad en los círculos familiares y sociales.

### Sector hotelero y turístico

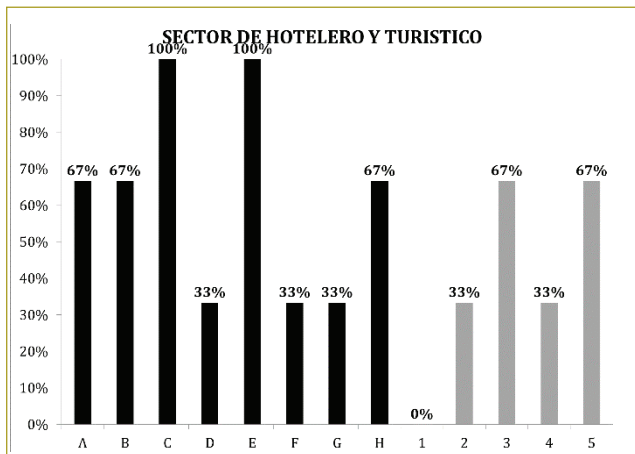
El sector hotelero presenta un considerable crecimiento en los últimos años como compromiso para fomentar

el turismo, lo que ha sido clave para el desarrollo en el sector, al igual que la imagen que se logra proyectar internacionalmente, mostrándose así como un sector lleno de oportunidades para la inversión.

Debido a la importancia que tiene este sector sobre el desarrollo y estabilidad económica de un país, es necesario implementar estrategias de calidad que permitan el éxito de sus objetivos. Con base en la revisión de la literatura, se presentan los siguientes PGC:

- *Enfoque en el cliente.* Se tiene en cuenta la opinión del cliente para la motivación de implantar un servicio de calidad.
- *Liderazgo.* Se tiene una comunicación interna, donde se dispone de un cuadro de mando integral en el que se potencia el sistema de coordinación de las personas y departamentos.
- *Participación de las personas.* Los hoteles logran mecanismos de colaboración o trabajo en equipo, que es un aspecto importante de una cultura de calidad más avanzada, mejorando sus conexiones interdepartamentales.
- *Enfoque de sistema para la gestión.* Se establecen objetivos que permiten mejorar su sistema de gestión, lo que genera efectos positivos en la productividad, una reducción de costos y desperdicios, un incremento en la satisfacción del cliente y partes interesadas.
- *Mejora continua.* Se consigue un deseo de mejora integral y continua en el funcionamiento interno de la empresa, donde se aprovechan las acciones de mejoras planteadas por los empleados.
- *Sistema y desempeño basado en clientes.* Se dispone de un sistema ágil de recogida y resolución de quejas.
- *Participación en el mercado.* Se obtienen sistemas de información sobre la evolución del mercado.

Según la muestra de artículos encontrados en la presente investigación (figura 6), se tiene que la participación de las personas y el enfoque de sistemas para gestión son PGC muy importantes en la implementación del SGC en el sector hotelero, seguidos de enfoque al cliente, liderazgo, mejora continua, sistema. Así mismo, los factores de desempeño asociados al desempeño basado en cliente y participación en el mercado son claves en el SGC implementado con el 67 % (Pertusa-Ortega et al., 2013; Djofack, 2012; García et al., 2013; Santoma, 2008).



**Figura 6.** Contribución porcentual de los PGC y factores de desempeño en el sector hotelero y turístico.

### Sector de información

El sector de información permite realizar las labores diarias con mayor rapidez y eficacia. Estos beneficios se obtienen con el uso de los servicios informáticos, ya que esto ayuda a generar ganancias y a la vez permite reducir costos, los cuales pueden llegar a ser muy altos en determinadas ocasiones.

Para combatir las dificultades en el mantenimiento de las operaciones y que éstas sean eficientes, se procura optimizar la calidad de sus productos, implementando un sistema de gestión que impactó en los siguientes PGC y factores de desempeño:

- *Participación de las personas.* Se orienta a una formación de calidad que facilita la comprensión de los cambios iniciales por parte de los miembros de la organización e influye en sus actividades hacia el cambio; también hubo una mayor implicación del personal en el proceso de implementación.
- *Enfoque de sistemas para la gestión.* Se gestiona la información que hace hincapié en la colección sistemática y en el análisis, obtenida a partir de fuentes internas y externas.
- *Relaciones con los proveedores de beneficio mutuo.* Se les exige calidad a los proveedores en el diseño y producción, y se crean asociaciones a largo plazo como mecanismo para promover la fiabilidad y la calidad de los productos suministrados. Para esto se seleccionan, evalúan y reevalúan los proveedores, teniendo en cuenta criterios específicos, como condiciones comerciales, calidad, garantía, disponibilidad y entrega.

- *Mejora continua.* Compromiso con el desarrollo de las habilidades según el grado en que la unidad de sistemas de información esté interesada en el desarrollo de la capacidad del personal; de igual manera, se establecen y se miden indicadores para conocer el cumplimiento de metas propuestas, con el fin de lograr la mejora continua.
- *Rendimiento del producto o servicio.* Disminución de la complejidad del proceso de diseño, en cuanto a las normas y procedimientos específicos por las técnicas de diseño, como el modelo de datos, modelo de proceso y la interacción de modelamiento; aunque el proceso del diseño se mejoró, se presentaron dificultades en cuanto a la atención individualizada que se implementó (Ravichandran & Rai, 1999; Formoso et al., 2010; Machi, 2009; Rincón, 2002).

### Sector de manufactura

La manufactura es la base de la economía nacional de muchos países, siendo muy importante en el sector industrial para el desarrollo de la riqueza nacional; además, sirve de base para el sector terciario, destinado a los servicios. Gracias a la manufactura industrial, se tiene el disfrute de todos los bienes y artículos que se usan a diario, desde los rudimentarios o artesanales, hasta los artículos electrónicos que se elaboran como resultado de un proceso de evolución tecnológica.

Actualmente muchas empresas, en busca de la mejora de sus procesos y satisfacción de las necesidades del cliente, implementan SGC que les permiten el cumplimiento de los requisitos al consumidor, lo que se ve reflejado en los siguientes principios de calidad:

- *Enfoque al cliente.* Se forma un sistema eficaz y coherente, que permite revisar las necesidades del cliente y la resolución de quejas.
- *Liderazgo.* La alta dirección se compromete en su rol de líder, empeñándose en influenciar al personal en compromiso con la mejora y con la cultura de calidad.
- *Participación de las personas.* Se implementan programas de capacitación. Es importante tener en cuenta que los resultados de la implementación varían en cada organización, por lo que se observa que en algunas organizaciones se obtuvo mejoramiento en los resultados de los empleados por medio de



la motivación, satisfacción, comunicación, equipos y conocimientos; como en algunas organizaciones se presentó poca participación del personal, esto se pudo ver afectado por el plan estratégico de la empresa y programas de formación que se tuvieron para la implementación del sistema de gestión.

- *Enfoque basado en procesos.* Se examinan los procesos de la organización en cuanto a mejoras para reducir tiempos de producción o desarrollo del producto y medidas para disminuir el número de productos defectuosos, lo que incide positivamente en los índices de productividad y en la misma estructura financiera.
- *Relaciones con los proveedores de beneficio mutuo.* En este sector es importante la relación con los proveedores, porque su producción dependerá de los recursos que éstos suministren. Al implementar el sistema de gestión se refleja el fortalecimiento de la relación, se les exige a los proveedores la calidad de sus productos y registro actualizado con los proveedores, en los cuales se les califica precio, tiempo de entrega y calidad.
- *Mejora continua.* Los departamentos comparten información y colaboran en iniciativas de mejora. De esta manera, las áreas trabajan conjuntamente en el cumplimiento de los objetivos, generando estrategias en cuanto a recursos humanos y análisis de los procesos internos en el rendimiento del negocio, y factores asociados al sistema y desempeño basado en clientes, así como mejora de la satisfacción del cliente.
- *Rendimiento financiero.* Este es uno de los principales sectores que se ven beneficiados en cuando a los aspectos financieros, lo que se refleja en la rentabilidad, crecimiento de las ventas que inciden positivamente en los indicadores de utilidad financiera, sobre todo en las variaciones crecientes de los indicadores margen bruto y razón utilidad/valor agregado.

A continuación se muestra la contribución porcentual del sector de manufactura, donde la participación de las personas, enfoque basado en procesos, relaciones con los proveedores de beneficio mutuo, mejora continua y el factor de desempeño asociado al rendimiento financiero son criterios claves con un 80 % en los cambios que se presentan en la implementación de un sistema de gestión dentro de una organización, mientras que el enfoque de sistema para la gestión es un PGC sin importancia. El rendimiento financiero es un factor

de desempeño fundamental en la implementación del SGC, con un 80 % de participación (figura 7) (Benson et al., 1991; Demuner & Mercado, 2011; Morelos et al., 2013; Vergara et al., 2016; Cortina, 2016; Marín & Gimeno, 2010).

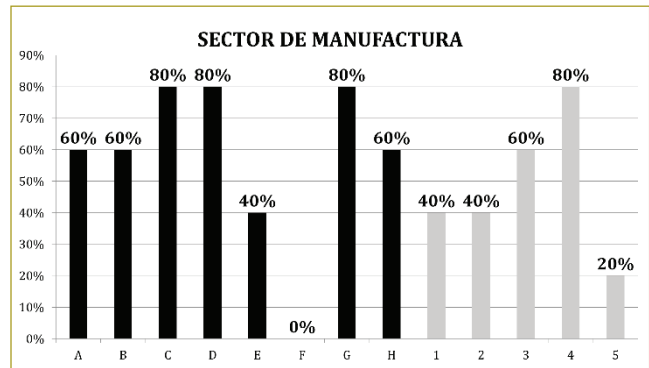


Figura 7. Contribución porcentual de los PGC y factores de desempeño en el sector de manufactura.

### Sector minero

La minería ha tenido un auge notable en los últimos años. En la Unión Europea, la minería extractiva cumple un papel primordial en su desarrollo industrial, proporcionando empleos directos y valor añadido a su economía.

El entorno competitivo actual se caracteriza por elevados niveles de turbulencia y dinamismo, lo que ha forzado a las organizaciones a asegurar la consecución de unos buenos resultados empresariales. Por ello, es necesario adoptar distintas metodologías y herramientas que permitan configurar la gestión de los procesos y actividades.

En este contexto ha tomado gran importancia el SGC, el cual refleja cambios claves en los PGC y factores de desempeño en el momento de la implementación, que se destacan en el sector minero:

- *Enfoque al cliente.* Toda la organización actúa de acuerdo con una política de buena relación con la comunidad, aspecto esencial en un sector que afecta tanto al medio ambiente como a la comunidad cercana al lugar de explotación.
- *Enfoque de sistemas para la gestión.* Se aplican SGC en los que existen explotaciones mineras en que se incluyan aspectos de temas éticos y sostenibilidad en el sistema de negocio.



- *Mejora continua.* Se analizan los beneficios percibidos por la aplicación del sistema de gestión sobre los resultados empresariales para la mejora continua.
- *Rendimiento del producto o servicio.* Se hace un análisis químico, lo que permite un trabajo de mantenimiento y una revisión de balance de energía, con el fin de garantizar las condiciones del servicio que se ofrece (Escanciano & Iglesias-Rodríguez, 2012).
- *Enfoque basado en hechos para la toma de decisiones.* Se tienen en cuenta las medidas significativas de valor, lo que permite dejar a un lado las compras sobre la base del precio y cambiar el criterio de los gobiernos sobre cómo encontrar la oferta más baja para la selección del proveedor.
- *Mejora continua.* Aumento de los esfuerzos para racionalizar los procesos, medir las necesidades del cliente y combinar datos con los sistemas de gestión diseñados, con el fin de controlar y mejorar la calidad en forma continua.
- *Rendimiento del producto o servicio.* Se obtiene un servicio de calidad libre (McNary, 2008).

### Sector público

Los ciudadanos muestran interés constante en conocer los servicios públicos que reciben y que se financian mediante el pago de sus impuestos. En términos generales, cuanto mayor es dicha cantidad, mayor grado de satisfacción manifiestan respecto a la actuación del sector público.

La productividad ha generado información valiosa para los administradores públicos que buscan un mayor rendimiento de los empleados, haciendo hincapié en los métodos impuestos para la fijación de metas, tomas de decisiones, evaluación de programas y evaluación del desempeño. Tales técnicas a lo largo del tiempo se han conseguido por medio de la implementación de un sistema de gestión en organizaciones de orden público donde se han destacado los siguientes PGC y factores de desempeño en el desarrollo de su implementación, según se encontró en el artículo (Milakovich, 1990).

- *Liderazgo.* La motivación a los empleados se encamina hacia una mayor productividad; se realiza un análisis de técnicas de comportamiento y prácticas de gestión esenciales para transformar la forma pública y cultural de organizaciones sin fines de lucro. Se logra eliminar la resistencia de la alta dirección, donde ésta enseña a los empleados los conocimientos necesarios, de orientación y entrenamiento intensivo, lo que permite trabajar con los individuos para mejorar su desempeño.
- *Participación de las personas.* Métodos modernos de capacitación, que les permiten estar dotados de herramientas y métodos para mejorar la calidad, logrando un mayor compromiso por parte de los clientes internos.
- *Enfoque de sistemas para la gestión.* Vinculación de las misiones de los sectores público y privado, lo que ofrece un papel más amplio, socialmente responsable de los negocios y el gobierno.
- *Enfoque al cliente.* Un sistema con la capacidad para responder a quejas y reclamos. Propugna un trato amable al cliente, son tratados con interés, diferencia y educación, ya que depende de la sensación del enfermo y sus familiares.
- *Liderazgo.* Se tiene un compromiso total y permanente del personal profesional respecto a la filosofía de calidad empresarial.
- *Participación de las personas.* Desarrollo de programas de educación continua. Se llevan a cabo seminarios con el personal gerencial, para fomentar el mejoramiento continuo de la calidad de los servicios de la red. Se favorece el ambiente de trabajo con condiciones óptimas en equipo, mejora del sitio de trabajo, espacio físico y equipos básicos necesarios para desarrollar sus labores para mejorar la comodidad del cliente interno

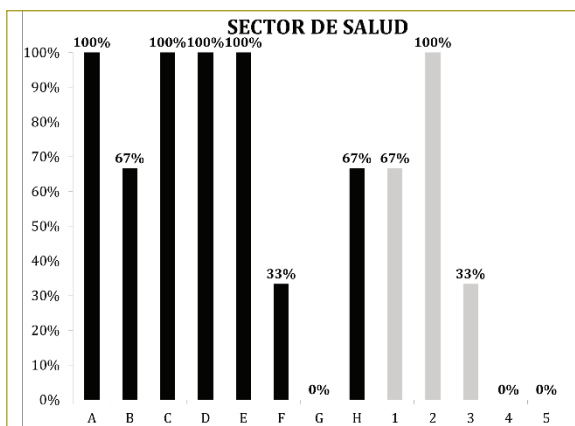
### Sector de salud

La salud promueve el desarrollo económico y social del país; es una vía imprescindible para reducir la pobreza y aumentar la productividad de las sociedades. Por un lado, se tiene que las enfermedades reducen los ingresos de una sociedad, al distraer recursos económicos que podrían ser de utilidad en otras actividades, necesarias para el desarrollo económico.

Al implementar un sistema integrado que permita ofrecer un servicio de calidad, que satisfaga las necesidades del cliente, se logra la mejora de los procesos y se hacen los siguientes cambios importantes en los PGC y factores de desempeño en la organización:

- *Enfoque basado en procesos.* Mejoran en el proceso de atención en cuanto a la disponibilidad de medicamentos en los distintos niveles de atención, se establecen procedimientos específicos de orientación al usuario y la estandarización de los procesos y procedimientos en la toma de registros del paciente.
- *Enfoque en sistemas para la gestión.* Mejora de la comunicación interna de la compañía con una filosofía empresarial, establecimiento de comités de calidad activos y centro de gestión de la calidad; diseño de un plan para concebir preguntas, formulación de datos, elaboración de conclusiones y justificación de su cumplimiento.
- *Mejora continua.* Mejora enfocada en la eficacia individual y organizacional de todos los trabajadores en la institución de salud; se evalúa permanentemente el entorno para aprovechar oportunidades y anticipar impedimentos.
- *Rendimiento del producto o servicio.* Se realiza de manera correcta el diagnóstico del paciente y se le prestan un servicio de calidad, oportuno, rápido y justo a tiempo, con la mejor tecnología.
- *Rendimiento de los procesos.* La capacidad del personal es suficiente para el área correspondiente, se optimiza la práctica de los servicios asistenciales con un control de los servicios relevantes indispensables, contando con equipo específico, instrumental suficiente, cantidad, variedad y habilidad profesional.

Con base en la investigación realizada y la cantidad de artículos encontrados relacionados con el sector financiero (figura 8), se muestra una contribución



**Figura 8.** Contribución porcentual de los PGC y factores de desempeño en el sector de salud.

porcentual del 100 % en los PGC de enfoque al cliente, participación de las personas, enfoque basado en procesos, enfoque de sistemas para la gestión, siendo muy importantes para el sector de la salud y el SGC. El factor de desempeño está asociado al rendimiento de los procesos que hicieron exitosa la implementación del SGC (Santos & de Pazos, 2009; Ross et al., 2000; Calero et al., 2008).

### Sector textil

Según la investigación de Valencia & Párraga (2013), la mayoría de las empresas de confecciones de ropa industrial en los países no operan con mecanismos de calidad y mejora continua en sus procesos, como los requisitos de la norma de gestión de la calidad; esto les resta competitividad frente a los productos provenientes de empresas del extranjero, los cuales aplican sistemas de gestión que les brindan eficiencia y eficacia en su producción.

Las organizaciones que han aplicado los conocimientos acerca de los lineamientos de las normas ISO han obtenido los siguientes cambios relevantes en los PGC y en los factores de desempeño.

- *Liderazgo.* La alta dirección muestra compromiso, y cada uno de los integrantes de la organización es consciente de su importancia.
- *Participación de las personas.* Se dieron una apropiada capacitación y retroalimentación, cimentando una cultura de calidad en la organización y fortaleciendo la comunicación entre todos los integrantes.
- *Enfoque basado en procesos.* Se establecen procedimientos exigidos por la norma y se crean otros, considerados importantes para la estandarización de las actividades, que sirven de guía para las labores diarias.
- *Enfoque basado en hechos para la toma de decisiones.* Se obtiene información asignada en los puntos críticos del sistema a partir de los registros que constituyen una base esencial en las decisiones que tomen para la mejora continua del sistema.
- *Mejora continua.* Se trabaja con los criterios del ciclo PHVA.
- *Rendimiento del producto o servicio.* Se han identificado los procesos de creación de valor que son cruciales en la calidad del producto.

- *Rendimiento de los procesos.* En cada proceso se especifican los objetivos de calidad, los indicadores que hay que utilizar y la meta hacia donde deben llegar los resultados, producto del análisis de la información extraída de los registros obtenidos.

**Sectores varios**

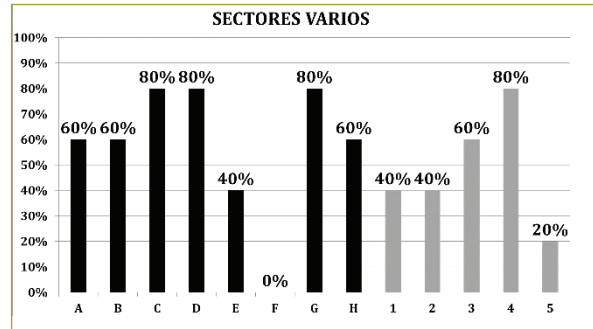
Éstos abarcan el estudio de un conjunto de sectores de organizaciones de Latinoamérica donde se analizan los factores de éxito en la implementación del SGC, sin importar al sector al que pertenezcan.

Los cambios que más se destacan en los PGC y factores de desempeño son:

- *Liderazgo.* Se evidencia un mayor compromiso hacia la calidad en las empresas, las cuales logran desarrollar un nivel alto de desempeño, siempre y cuando exista una motivación activa, y se determina la capacidad de generar o mejorar la gestión de las capacidades con las que cuenta la organización.
- *Participación de las personas.* El estudio muestra una evolución hacia una mentalidad de calidad, mediante la educación y entrenamiento. Se logra el diseño de una herramienta de medida del desempeño de la organización, del grado de introducción de la dirección de la calidad.
- *Enfoque de sistemas para la gestión.* Se compara la calidad de los procesos de gestión entre empresas u organizaciones que cuentan con certificación.
- *Enfoque basado en hechos para toma de decisiones.* Se analizan las metas específicas, se miran las variables a través de las cuales se producen los efectos de la dirección de la calidad sobre los resultados.
- *Relación con los proveedores de beneficio mutuo.* Se mide el nivel de manejo del sistema de calidad en los proveedores y cómo repercuten en los bienes o servicios que se ofrecen, ya que no se incluían las prácticas de calidad y no se tenía el mismo nivel de mejora que el resto de los factores estudiados.
- *Mejora continua.* Se toman en cuenta las sugerencias de los empleados en virtud de mejora y cumplimiento de los requisitos de la norma, así como de tener buenas relaciones con los clientes internos.

El aporte porcentual de cada uno de los factores importantes en la implementación del SGC se muestra

a continuación (figura 9), como participación de las personas, enfoque basado en procesos, relaciones con los proveedores de beneficio mutuo, y factor de desempeño de participación en el mercado (Garza, 2006; Zea, 2010; Vázquez, 1998).



**Figura 9.** Contribución porcentual de los PGC y factores de éxito en sectores varios.

**Relación entre los principios de gestión de la calidad y factores de desempeño**

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los sectores evaluados dentro de la investigación (figura 1), se hace una comparación entre los PGC y los factores de desempeño, y se encontró lo siguiente:

- Cuando las organizaciones mantienen como principal objetivo el enfoque al cliente, su rendimiento financiero disminuye, debido posiblemente al aumento de costos (gastos operacionales) que se generan inicialmente para cumplir las necesidades del consumidor, hecho que se ve compensado a largo plazo.
- Las organizaciones obtienen una notable mejora en el producto o servicio, que ofrece un enfoque basado en procesos, ya sea por líneas de balanceo, adquisición de máquinas, investigación y desarrollo de metodologías, entre otros.
- Cuando existe un compromiso de la alta dirección, se motiva al personal a una participación e involucramiento en los procesos de la organización, esto genera una buena estructura de gestión del conocimiento, mejorando continuamente y construyendo una imagen sólida y positiva frente al mercado que lo rodea.
- Al garantizar un acuerdo que beneficie a los proveedores según lo que requieren, la compañía ob-

tendrá insumos de alta calidad a un bajo costo y en un tiempo adecuado, lo cual asegurará una entrega del producto o prestación del servicio conveniente para el cliente.

**RESULTADOS**

Desarrollar y sustentar un enfoque en la calidad de los procesos, bienes y servicios, es una necesidad para todas las empresas, sin importar el sector. Los sistemas, metodologías y herramientas de gestión de la calidad se han convertido en un elemento fundamental en las organizaciones manufactureras y de servicio para mantener sus ventajas competitivas. Al implementar el SGC en diferentes sectores de manufactura y servicio, se observan cambios en los PGC y los factores de desempeño que posibilitaron dicho logro en las organizaciones. En la tabla 1 se destacan los seis sectores más

representativos. Se evidencia que la participación de las personas sobresale en todos los sectores, junto con el enfoque en los procesos, por lo que se confirma que la participación de la gente es el PGC más importante dentro de la implementación del SGC.

**CONCLUSIONES**

La participación de las personas es el PGC con mayor contribución, con un 85,3 %, lo que refleja la importancia de las personas como recurso para la organización.

En cuanto a la relación de beneficio mutuo con los proveedores, se evidencia que las organizaciones tienen el precio como criterio preponderante para la selección de proveedor y no garantizan la calidad de los insumos y del servicio, siendo el PGC con menos importancia en las organizaciones.

**Tabla 1**  
Contribución porcentual de los PGC y factores de desempeño en algunos sectores destacados

Sector	CONTRIBUCION			
	PGC	%	Factor de desempeño	%
Alimenticio	Participación de las personas	100	Mejora del producto o servicio	100
	Enfoque baso en procesos	100	Eficiencia de los procesos	100
			Sistema de desempeño basado en el cliente	100
Construcción	Enfoque en el cliente	67	Sistema de desempeño basado en el cliente	33
	Participación de las personas	67		
	Enfoque de sistema para la gestión	67	Rendimiento financiero	33
	Enfoque basado en hechos para la toma de decisiones	67		
Manufactura	Participación de las personas	80	Rendimiento financiero	80
	Enfoque basado en procesos	80		
	Relación de los proveedores de beneficio mutuo	80		
Hotelero y turístico	Enfoque de sistema para la gestión	100	Sistema de desempeño basado en el cliente	67
	Participación de las personas	100	Participación en el mercado	67
Salud	Enfoque en el cliente	100	Eficiencia de los procesos	100
	Participación de las personas	100		
	Enfoque basado en procesos	100		
	Enfoque de sistema para la gestión	100		
Sectores varios	Participación de las personas	80	Rendimiento financiero	80
	Enfoque basado en procesos	80		
	Relación de los proveedores de beneficio mutuo	80		



El factor de desempeño que se destaca al aplicar el SGC es la mejora del producto y del servicio con un 55,9 %, lo que permitió a diferentes organizaciones la identificación de procesos de valor que son representativos en la calidad del producto.

Se observa que la participación del mercado es un factor de desempeño con menor importancia en la implementación del SGC (14,7%), lo que evidencia que las organizaciones ponen en práctica un SGC para mejorar sus procesos y sistemas, para poder atender al cliente de la mejor manera posible, pero no tienen la madurez para que dicho esfuerzo se materialice en el mercado.

En cuanto al desempeño, se muestran resultados en el factor del sistema de desempeño basado en el cliente, en el que las organizaciones se preocupan por la satisfacción del cliente y el cumplimiento normativo mediante la implementación de sistemas de medición del desempeño que buscan satisfacción del cliente continuamente.

El sector con mayor participación en este estudio fue el de salud, con un aporte de cuatro PGC en un 100 %. El sector de manufactura, por su parte, tuvo el mayor impacto en el estudio con un aporte de cinco artículos, seguido del sector alimenticio con tres artículos. Esto muestra que el estudio es confiable, ya que se logran directrices generales para las organizaciones y no sólo se enfoca en algún tipo de sector.

Se evidenció que influye directa y positivamente el tener en cuenta uno o varios PGC, lo que impacta directamente en su desempeño y a su vez genera valor en las organizaciones en términos de calidad de sus productos, procesos y rentabilidad.

Para futuros estudios se puede considerar el efecto que generan los principios de gestión de la calidad según el estándar de 2015, con el propósito de evidenciar si hay cambios en las organizaciones y su cultura.

## Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito por brindar el conocimiento y apoyo necesario, a la ingeniera Luz Angélica Rodríguez Bello por guiar este proyecto y ser parte de él en todo momento, y a las familias y amigos que los apoyaron incondicionalmente.

## REFERENCIAS

- Benner, M. & Veloso, F. (2008). ISO 9000 practices and financial performance: a technology coherence perspective. *J. Oper. Manag.* 26, 611-629.
- Benson, P., Saraph, J. & Schroeder, R. (1991). The Effects of Organizational Context on Quality Management: An Empirical Investigation. *Management Science*, 37(9), 1107-1124.
- Benzaquen, J. & Convers, J. (2013). El ISO 9001 y TQM en las empresas de Colombia. *Revista de Globalización, Competitividad y Gobernabilidad*, 9(3) 5.
- Benzaquen, J. (2014). La ISO 9001 y TQM en las empresas latinoamericanas: Perú. *Revista de Globalización, Competitividad y Gobernabilidad*, 8 (1), 67-89.
- Benzaquen, J. (2013). Calidad en las empresas latinoamericanas: El caso peruano. *Revista de Globalización, Competitividad y Gobernabilidad*, 7 (1), 41-59.
- Bernardo, M., Simon, A., Tarí, J. & Molina-Azorín, J. (2015). Benefit of management systems integration: a literature review. *Journal of Cleaner Production*, 94, 260-267.
- Berovides-Castellón, M. & Michelena-Fernández, E. (2013). La gestión de la calidad en una empresa de pastas alimenticias. *Ingeniería Industrial*, 34(3), 252-266.
- Blanco, M. & Gutiérrez, S. (2008). El empleo del modelo de gestión de la calidad total en el sector de la distribución comercial en España: El caso de mercadona. *Universia Business Review*, 17, 40-63.
- Bonilla, J. (2010). La calidad de los sistemas de gestión de los recursos humanos en función de la tenencia o no de la certificación ISO 9001. Algunas evidencias/indicadores asociadas. *Revista Estudios Gerenciales*, 26 (115).
- Calero, J., Rodríguez, L. & Barreto, J. (2008). La calidad y el mejoramiento continuo: claves en el éxito del ejercicio profesional en odontología. *Colombia Médica*. MPH3, 39 (1) supl 1.
- Casadesus, M. & Giménez, G. (2000). The benefits of the implementation of the ISO 9000 standard: empirical research in 288 Spanish companies. *The TQM Magazine*.
- Chong, C.Y. (2006). The implementation of quality management system (ISO 9001) in analysing the workmanships performance in selected projects. Masters thesis, Universiti Teknologi Malaysia.
- Corbett, C. (2006). Global diffusion of ISO 9000 certification through supply chains. *Manuf. Serv. Oper. Manag.* 8, 330-350.
- Cortina, J. (2016). Definición del sistema de calidad según ISO 9001 en talleres de fabricación de tamaño reducido. Universitat Politècnica de Catalunya. Via: <http://hdl.handle.net/2117/84932> 2016-02-16
- Del Alguila-Obra, A., Al-dweeri R. & Padilla-Meléndez, A. (2012). Factores determinantes de la calidad de los servicios electrónicos en contexto de los operadores postales. *Universia Business Review*, tercer trimestre, 35,114-123.
- Demuner, M. & Mercado, P. (2011). Gestión de calidad en Pymes manufactureras certificadas con ISO 9001-2000. *Revista del Centro de Investigación*, Universidad La Salle, 9 (35), 79-97.
- Djofack, S. (2012). Análisis del impacto del sistema de calidad ISO 9001 y del sistema de calidad turística española en empresas y organizaciones turísticas: un estudio empírico en baleares. Tesis doctoral. Universitat de les Illes Balears.
- Escanciano, C. & Iglesias-Rodríguez, F.J. (2012). Quality management and Integrated total quality in Spanish Mining: results of an empirical research. *Dyna*, 79 (171), 167-174.
- Escrig, A. (2001). Efectos de la dirección de calidad en los resultados. El papel mediador de las competencias distintivas. Tesis doctoral, Universidad Jaume I.
- Formoso, A., Castro, M., González, R. & González, A. (2010). Implementación del sistema de gestión de la calidad en una empresa de servicios informáticos especializados. *Ingeniería Industrial*. II (5), 57-78.
- Formoso, M., Guillama, D., Castro, M. & Mieres, M. (2013). La gestión de la calidad en un centro de investigación científica productor de medicamentos y servicios. *Ingeniería Industrial*, 31, 39-59.



- García, J., Vila, M., Fraiz, J. & Del Río, M. (2013). Análisis de las relaciones de dependencia entre los factores críticos de la calidad y los resultados. Sector de alojamiento turístico en España. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 19, 74-89.
- García, O., Vallejo, B. & Mora, C. (2015). La calidad desde el diseño: principios y oportunidades para la industria farmacéutica. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia.
- Garza, M. (2006). Modelo de indicadores de calidad en el ciclo de vida de proyectos inmobiliarios. Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Cataluña, programa Ingeniería de Proyectos: medio ambiente, seguridad, calidad y comunicación.
- Íñiguez, L. (2004). De la calidad de vida laboral a la gestión de la calidad: una aproximación psicosocial a la calidad como práctica de sujeción y dominación. Tesis doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona.
- International Organization for Standardization (ISO) (2015). ISO Survey 2015. Vía: <http://www.iso.org/iso/home.html>. 2016-02-17.
- Jones, R., Arndt, G. & Kustin, R. (1997). ISO 9000 among Australian companies: impact of time and reasons for seeking certification on perceptions of benefits received. *Int. J. Qual. Reliab. Manag.* 14 (7), 650-660.
- Machi, S. (2009). Implantación de un sistema de gestión de calidad (ISO 9001) en una empresa de desarrollo de *software* ERP (*enterprise resource planning*). Universidad Politécnica de Valencia.
- Marín, L.M. & Gimeno, J. (2010). La certificación ISO 9000 en el sector industrial del mueble: evidencias sobre la cultura de calidad total y las ventajas que la caracterizan. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 16 (1), 77-101.
- Martínez-Costa, M., Martínez-Lorente, A. & Choi, T. (2008). Simultaneous consideration of TQM and ISO 9000 on performance and motivation: an empirical study of Spanish companies. *Int. J. Prod. Econ.* 113, 23-39.
- McNary, L. (2008). Quality management the public sector: applying lean concepts to customer service in a consolidated government office Source. *Public Administration Quarterly*, 32, (2), 282-301.
- Milakovich, M. (1990). Total Quality Management for Public Sector Productivity Improvement. *Public Productivity & Management Review*. 14 (1), 19-32.
- Morelos, J., Fontalvo, T. & Vergara, J. (2013). Incidencia de la certificación ISO 9001 en los indicadores de productividad y utilidad financiera de empresas de la zona industrial de Mamonal en Cartagena. *Estudios Gerenciales*, 29 (126), 99-109.
- Morillo, M. & Rivas, D. (2011). Medición de la calidad del servicio en las instituciones financieras a través de la escala de Servqual. *Contaduría y Administración*, 234, 101-130.
- Nava, V. & Rivas, L. (2008). Desempeño de las organizaciones mexicanas certificadas en la norma ISO 9001. *Estudios Gerenciales*, 24 (108), 107-128.
- Nápoles, L. & Moreno, M. (2013). Análisis de las variables empleadas en la implantación de la norma ISO 9001. *Revista Ingeniería Industrial*, 12 (1).
- Naveh, E. & Marcus, A. (2004). When does the ISO 9000 quality assurance standard lead to performance improvement? Assimilation and going beyond. *IEEE Trans. Eng. Manag.* 51, 352-363.
- Ortiz-Marcos, I., Cobo, J., Mataix, C. & Fernández, L. (2012). Cooperativas rurales y sistemas de gestión de calidad como estrategia en cadenas productivas agrarias en Nicaragua. *Ingeniería Industrial* 30, 103-122.
- Perdomo, J. & González, J. (2004). Medición de la gestión de la calidad total: una revisión de la literatura. *Cuadernos de Administración*, 17 (28), 91-109.
- Pertusa-Ortega, J., Tarí, J., Pereira-Moliner, J., Molina-Azorín, J. & López, M. (2013). Certificación en calidad, resultados empresariales y estructura organizativa en el sector hotelero español. Universidad de Alicante (España). *Intangible Capital*, 9, (1), 199-224.
- Ravichandran, T. & Rai, A. (1999). Total Quality Management in Information Systems Development: Key Constructs and Relationships. *Journal of Management Information Systems*, 16 (3), 119-155.
- Rezaei, A., Çelik, Y. & Baalousha, M. (2011). Performance measurement in a quality management system. *Scientia Iranica*, 18 (3), 742-752.
- Rincón, R. (2002). Model for the implementation of a quality management system based on ISO 9001. *Revista Universidad Eafit*, 38 (126), 47-55.
- Ross, A., Zeballos, J. & Infante, A. (2000). La calidad y la reforma del sector de la salud en América Latina y el Caribe. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 8 (1-2), 93-98.
- Ruiz-Torres, A., Ayala-Cruz, J., Alomoto N. & Acero-Chávez, J. (2015). Revisión de la literatura sobre gestión de la calidad: caso de las revistas publicadas en Hispanoamérica y España. *Estudios Gerenciales*, 31 (136), 319-334.
- Santoma, R. (2008). Aspectos de gestión en la calidad del servicio. Una aplicación del *concept mapping* al caso de las cadenas hoteleras en España. Tesis doctoral. Universidad Ramon Llull.
- Santos, M. & De Pazos, J. (2009). La gestión de la calidad en las instituciones de salud. MediSur. Primer Congreso Latinoamericano de Salud. Vía: <http://www.paho.org/bol/files/docs/OPS/1congresolatinoamericano/bib/persp-inst-prov-serv-sal/persp-inst-prov-serv-sal-scielo.pdf>. 2016-02-20.
- Singh, P. (2008). Empirical assessment of ISO 9000 related management practices and performance relationships. *Int. J. Prod. Econ.* 113, 40-59.
- Sumaedi, S. & Yarmen, M. (2014). The Effectiveness of ISO 9001 Implementation in Food Manufacturing Companies: A Proposed Measurement Instrument. International Symposium on Food and Agro-biodiversity (ISFA2014).
- Terziovski, M. Samson, D. & Dow, D. (1997). The business value of quality management systems certification. Evidence from Australia and New Zealand. *J. Oper. Manag.* 15, 1-18.
- Valencia, R. & Párraga, M. (2013). Sistema ISO 9001:2008. Experiencia de implementación en una pyme de confección de ropa industrial en el Perú, con énfasis en producción. *Industrial Data*, 16 (1), 9-16.
- Vázquez, G., Colom, A. & Sarrañana, J. (1998). *Evaluación de la universidad. Criterios de calidad*. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Vera, J. & Trujillo, A. (2013). Factores relevantes de calidad en el servicio en el sector de concreto en el mercado de clientes pequeños y de hogar. *Panorama Socioeconómico*, 31 (46), 14-28.
- Vergara, S., Chippe, R. & Hernández, M. (2016). Diseño y desarrollo de un sistema de gestión de calidad ISO 9001:2008 para una empresa metalmeccánica. Tesis de grado. Vía: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/31709> 2016-02-16.
- Vilar, J., Stahnke, W. & Núñez, S. (2004). Sistemas de gestión de la calidad en el sector agroalimentario. *Agroalimentaria*, 9(18), 87-93.
- Vintró, C. (2011). Sistemas de gestión en explotaciones mineras de Cataluña: situación, factores determinantes de implantación y posibilidades futuras: sector de los áridos y de la piedra natural. Tesis, Universidad Politécnica de Cataluña.
- Zea, M. (2010). Aplicación de un sistema de gestión de calidad ISO 9001:2008 en el departamento de enseñanza de inglés de una facultad de ingeniería. Tesis de maestría. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/12236> 2016-02-16.

# Guiarse a través de un territorio: conversaciones sobre educación en Colombia

## Guiding through a territory: Conversations about education in Colombia

ALFONSO MELÉNDEZ ACUÑA<sup>1</sup> - FELIPE RODRÍGUEZ GÓMEZ<sup>2</sup>

1. Profesor titular de la Escuela Colombiana de Ingeniería. Ingeniero de sistemas y matemático de la Universidad de los Andes. Magíster en Informática Educativa de la Universidad de los Andes.

2. Profesor del Departamento de Humanidades de la Escuela Colombiana de Ingeniería. Master of Fine Arts School of the Art Institute of Chicago. Maestro en Arte de la Universidad de los Andes.

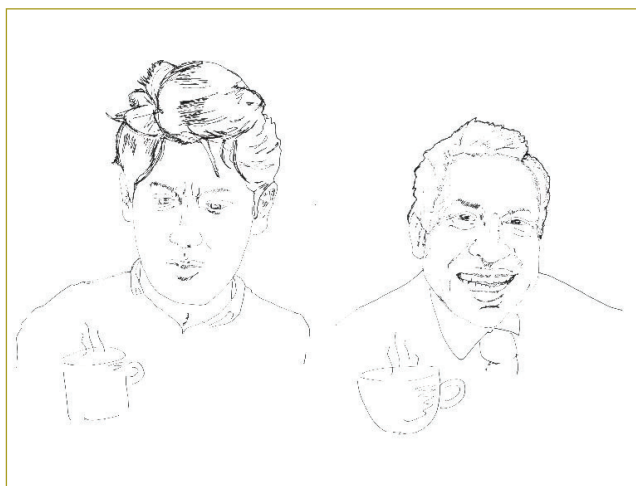
alfonso.melendez@escuelaing.edu.co - felipe.rodriguez@mail.escuelaing.edu.co

Recibido: 10/11/2016 Aceptado: 12/12/2016

Disponible en <http://www.escuelaing.edu.co/revista.htm>

### Observación

El siguiente artículo se dividió por letras de la *A* a la *F* y puede leerse de diferentes maneras, en distinto orden. Cada letra representa un momento de encuentro y discusión a lo largo de este año y permite al lector articular su lectura en forma autónoma. Los temas que hay que tratar, sumados a la interpretación e imaginación del lector, hacen que para la lectura de este artículo no haya un solo camino.



Los autores del artículo (dibujo de Felipe Rodríguez Gómez).

**A**

**Felipe.** Empecemos por definir qué es una nota. Definamos precisamente qué representa un 1, un 2, un 3, un 4 o un 5 cuando se trata de evaluar un tema específico. En términos del conocimiento, veamos qué representa una décima. ¿Qué se sabe de más con un 3,1 que con un 3,0? ¿Qué se sabe de más con un 3,0 que con un 2,9? (nota con la que se ha reprobado).

**Alfonso.** La idea de cuantificar un conocimiento o un saber es, relativamente, nueva; viene de los orígenes de la era industrial con el surgimiento de la línea de producción, cuando se comenzaron a establecer “criterios” para determinar cuándo un producto de una línea de producción de una fábrica era o no defectuoso (3,0 comparado con 2,9). Para capacitar a las personas que en el futuro debían laborar en estas fábricas surgieron los colegios con sus propias “líneas” de producción (preescolar, primero, segundo, etc.) y luego las evaluaciones y los criterios (“exámenes”) para decidir el paso de un curso a otro; más adelante aparecieron las profesiones (diploma) y se llegó a finales del siglo XIX, a cuantificar la inteligencia con las famosas pruebas de IQ de Alfred Binet.

*En los párrafos anteriores se toma como referencia el sistema de medición y evaluación colombiano en las universidades, donde 0 es la mínima nota que puede obtener un estudiante y 5 la máxima (algunas excepciones establecen la nota mínima en 1,5).*

**B**

**F.** Uno o varios profesores pueden tener una estructura de evaluación que sustenta cada una de las décimas que asignan a los estudiantes después de examinarlos. Sin embargo, si se busca una valoración precisa, a lo sumo algunos profesores usarán el mismo método de evaluación que copiaron de algún libro o de internet, o construyeron su propio sistema de medición, lo cual, desde mi punto de vista, sigue siendo extremadamente subjetivo.

**A.** Creo que es imposible llegar a un acuerdo entre profesores sobre si un estudiante sabe más o menos de una materia. Si en un experimento (ideal) un estudiante recibe clases de la misma materia con tres profesores diferentes, es muy probable que las notas finales del curso sean muy distintas.

Fuera de las aulas, en el “mundo real”, los exámenes (las notas) rara vez se utilizan para determinar la com-

petencia de las personas. A los empleados se les suele evaluar por lo bien que se desempeñan en sus puestos de trabajo, la capacidad de utilizar lo que conocen para tratar situaciones reales y no por la cantidad de información que recuerdan o que pueden repetir.

Lo que se mide en los exámenes es la habilidad del colegio, de la universidad o de la comunidad (niños, padres de familia, profesores, directivos) para enfocar sus esfuerzos en producir buenos resultados en los mismos exámenes. Con todo, en los exámenes no se evalúa nada significativo para el futuro de los estudiantes por el simple hecho de que nadie sabe “medir” los factores claves para el éxito futuro de un estudiante (niño o adulto).

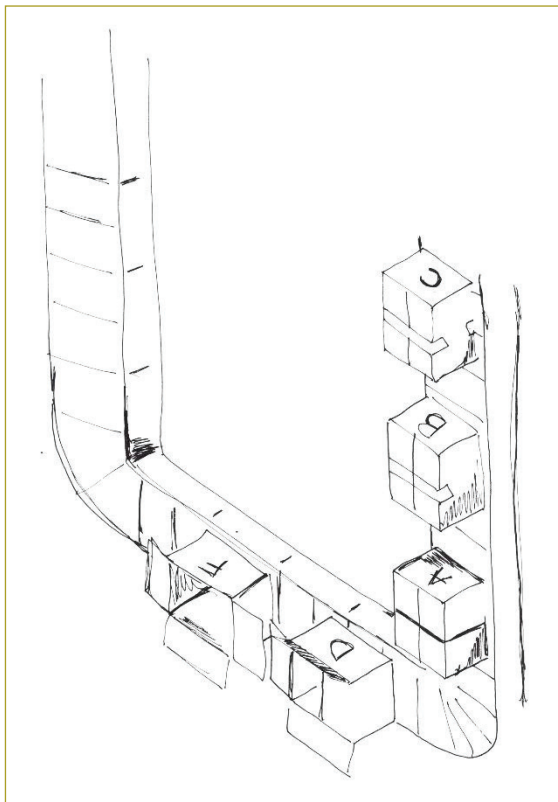
**F.** Ahora bien, después de examinar con estos métodos de medición a los estudiantes varias veces en un semestre, ¿qué tanto más sabe el profesor sobre sus alumnos después de estos exámenes?

- ¿Sabe que se le facilita o se le dificulta un tema?
- ¿Sabe que se le facilita o dificulta la metodología del profesor?
- ¿Conoce las fortalezas o debilidades del estudiante?
- ¿Conoce el contexto de donde proviene el conocimiento del estudiante?
- ¿Conoce los intereses académicos del estudiante?
- ¿Sabe lo importante que es la nota para el estudiante?
- ¿Sabe lo importante que es aprender para el estudiante?
- ¿Sabe qué nota representa al estudiante?

**A.** Mira lo paradójico: es posible que el origen de las notas se deba a intentar conocer, de buena fe, mejor a los estudiantes. Para William Farish, “inventor” de las notas, posiblemente conocer e interactuar a diario con cada uno de sus alumnos representaba mucho trabajo. Significaba prestar atención a sus necesidades, a su comprensión y a sus estilos de aprendizaje. Entonces había un límite sobre el número de estudiantes que podía llegar a conocer (e incluso la cantidad de dinero que podía ganar). Así que Farish inventó un método de enseñanza que le permitiría procesar más estudiantes en un periodo de tiempo más corto. Inventó las calificaciones (como se mencionó, el sistema de calificación se originó en las fábricas para establecer si dentro de la línea de elaboración, un producto estaba “a la altura”

para venderse y así mismo determinar si había que pagarles a los trabajadores por esta labor).

Un profesor de la Escuela, en la sala de tintos, puede hablar más de diez minutos sobre la nota final obtenida por un estudiante y relacionarla con un conocimiento adquirido aplicable al mundo real. Podría decir que en el primer corte el estudiante era superpilo y obtuvo una calificación de 5,0; que luego tuvo un bajón en el segundo tercio porque no entendió el tema, y que en el último tercio se enfermó y tuvo un problema emocional, lo que hizo que su calificación fuera de 3,2. Es decir, que se podría tener la idea de que la nota explica muchas cosas del estudiante. Pero los alumnos de pronto piensan lo contrario y pueden estar convencidos de que estos números no describen adecuadamente sus habilidades o sus conocimientos. Con este sistema, los estudiantes empiezan a definirse en términos de letras y números (yo soy una *D*, o yo soy un 3,0) y eso influye fuertemente sobre ellos.



En forma de *U* (dibujo de Felipe Rodríguez G.).

## C

**F.** Me pregunto sobre el sentido de propósito en el contexto colombiano. Me refiero a si los profesores sienten que son parte de algo muy importante al pertenecer al sistema educativo. Entonces, antes de responder este cuestionamiento, sería bueno preguntarnos si sabemos realmente quiénes son nuestros estudiantes. Debe haber un propósito más grande que nosotros mismos, más allá de la simple evaluación.

Uno de los principales problemas que percibo en la educación es que, por lo general, está un paso atrás o un paso adelante de la realidad de los estudiantes. Quienes enseñamos podemos llegar a tener dificultades al escuchar nuevos planteamientos o intereses, e incluso para aceptar la velocidad con la que fluctúa la realidad, lo que significa que los contenidos y las metodologías se deben estar transformando con la misma intensidad. De lo contrario, se trata de pensar los espacios educativos como lugares antisépticos, sin gravedad, sin realidad, donde los conocimientos se mantienen estables e incuestionables. Es muy fácil confundir realidad con dinero e irrealidad con imaginación y creatividad.

**A.** Creo que los profesores, con la mejor de las intenciones, hacen lo mejor por sus estudiantes y piensan que la educación es una de las mejores maneras de construir país. Estar un paso atrás o un paso adelante puede ser bueno. Estar atrás conduce a entender los orígenes de las cosas (la historia) y estar adelante lleva a pensar sobre el futuro de las profesiones (por ejemplo, en lo relacionado con el uso de nuevas tecnologías).

Cuando mencionas que el contenido y las metodologías se están transformando, pienso en que esa transformación debe orientarse a reducir el énfasis en conocimientos conceptuales y factuales y pasar al enfoque en el desempeño integral ante actividades y problemas. Esto implica trascender el espacio del conocimiento teórico como centro del quehacer educativo y poner la mirada en el desempeño humano integral que implica la articulación del conocer con el plano del hacer y del ser.

## D

**F.** El ejercicio de la creatividad puede mejorar la capacidad de los estudiantes y profesores para resolver problemas. Fortalecer la autonomía del estudiante es construir un espacio creativo de pensamiento y resolu-



ción de problemas. La clave parece estar en los procesos y no en las respuestas.

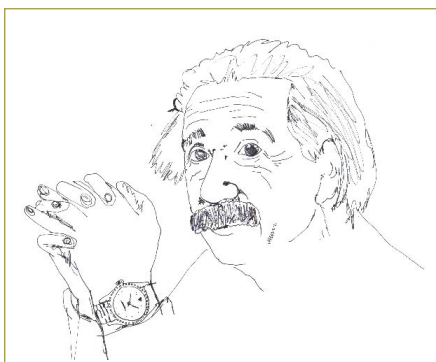
¿Cómo potenciar los procesos en un contexto donde la nota, más allá de ser un indicador, es un condicionante de los procesos de aprendizaje, que genera presiones y estrés en la comunidad?

En su artículo “The influence of strength of drive on functional fixedness and perceptual recognition”, Sam Glucksberg expone un experimento en el que, utilizando el problema de la vela de Duncker, demuestra cómo el desempeño en la solución de problemas creativos decrece cuanto mayor es el incentivo económico. Se plantea que cuando se trata de tareas técnicas o mecánicas el incentivo económico funciona, pero cuando se trata de tareas creativas, donde la solución no es aparente, el incentivo económico es un obstáculo.

¿Será que el sistema de evaluación, que funciona de una manera similar (en este caso, el incentivo no es económico sino la nota), puede afectar el desempeño de los estudiantes y sus posibilidades de aprendizaje? Es decir, el estudiante al pensar que el objetivo es la nota no puede tener una visión más amplia de los problemas y de sus soluciones, lo que le impide proponer nuevas respuestas y lo limita a conclusiones preestablecidas.

**A.** Pienso que la creatividad está más en el planteamiento de problemas que en su solución. Es famosa la siguiente frase de Albert Einstein al respecto:

“Si tuviera una hora para resolver un problema y mi vida dependiera de la solución, dedicaría los primeros 55 minutos a encontrar la pregunta apropiada. Una vez que supiera la pregunta correcta, podría resolver el problema en cinco minutos”.



Einstein y el Rolex (dibujo de Felipe Rodríguez G.).

No enseñamos a los estudiantes a plantear problemas, ni a generar preguntas, ni a modificar las hipótesis. Suponemos que el problema está bien definido (un problema nunca está bien definido) y le pedimos al estudiante que lo resuelva sin que se plantee si el problema es relevante, si el problema le interesa, si puede cambiarlo o si puede resolver uno parecido.

Lo que nos enseña el artículo de Glucksberg es a darnos cuenta de que al intentar resolver un problema como el de la vela en sistemas educativos que buscan desempeño y no aprendizaje, notas y no conocimiento real, caminos únicos ( $1 + 1 = 2$ ) y no caminos múltiples ( $1 + 1 = 0$ ), se hace imposible ver distintas funcionalidades de un objeto porque estamos acostumbrados a pensar que los objetos tienen una sola respuesta ( $1 + 1 = 2$ ).

## E

**F.** La tecnología actual nos permite estar en varios lugares a la vez. Ya no es necesario habitar un mismo espacio para tener una reunión o desarrollar un proyecto; una empresa puede estar constituida por personas que viven en diferentes partes del mundo. Por ejemplo, mientras escribo este texto me puedo comunicar con mi mejor amigo de la infancia, que vive en Kurdistán. Él me manda algunos videos de la ciudad, así como también una foto de lo que ha comido en el almuerzo. Si ponemos atención, el párrafo anterior es una perdedera de tiempo, simplemente son una serie de frases obvias y estúpidas que tal vez podrían haber sido relevantes o innovadoras hace 20 años. Sin embargo, a pesar de que este ejemplo nos resulta familiar, la situación en la educación no ha cambiado. Aún no tenemos claro cómo los avances tecnológicos afectan a los nuevos estudiantes, espacios y metodologías.

Volvamos a Colombia y pensemos otra vez en el entorno de quienes estudian. Por ejemplo, qué pasa con el porcentaje de estudiantes que no quieren estar en la universidad pero se ven obligados a hacerlo, ya sea por la presión social de tener un título universitario o por la influencia de sus padres. ¿Qué sucede con estos estudiantes al tener la capacidad de estar simultáneamente en otro lugar mientras cursan su carrera? En palabras de Lockhart, “lo único que hace es sentarse junto a la ventana y tararear canciones tontas mientras



mira las musarañas”. En palabras de hoy, la ventana es la pantalla del celular y el estudiante tiene la capacidad de escapar del espacio relegado para la educación, de escapar del injustificado salón de clases. Sin embargo, en ningún momento “las canciones tontas del estudiante”, sus verdaderos intereses, se toman en cuenta para su formación académica. ¿Es posible pasar de un sistema donde la educación es una actividad obligatoria a un sistema donde la educación nace de las necesidades del estudiante y el contexto en el que se encuentra?

**A.** Creo que los sistemas educativos ya están cambiando. Finlandia acaba de adoptar una medida gubernamental que dice que a partir de 2020 no existirán asignaturas en los colegios y están preparando a los profesores y a la sociedad en general para este cambio. La educación virtual ha ido avanzando a grandes pasos y hoy tenemos universidades (People University, La Universidad Oberta de Cataluña) donde se brinda una formación de calidad con un mínimo de presencialidad. Muchas universidades, o por lo menos facultades dentro de universidades, han adoptado la educación por proyectos y están repensando sus metodologías y sus métodos de evaluación. Los estudiantes y las nuevas tecnologías le están diciendo al mundo que se necesita un cambio educativo para atender más y mejor los intereses del estudiante.



Firewall (dibujo de Felipe Rodríguez G.).

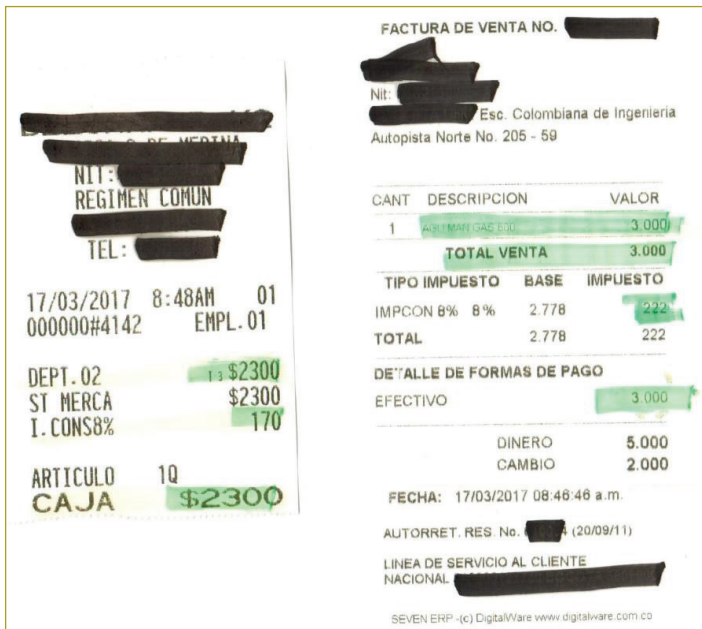
Igualmente, hay que pensar que surgirán instituciones educativas nuevas (o ya están surgiendo) con modelos muy diferentes del de las universidades actuales), así como también es importante que los jóvenes vean que el único camino no es necesariamente la universidad (y lo digo pese a que toda mi vida laboral ha transcurrido en universidades).

El ejemplo de Larry Page y Sergey Brin, fundadores de Google, que en 1998 abandonaron la universidad en segundo semestre para fundar su empresa, lo siguen miles de jóvenes en el mundo que consideran que la universidad no les brinda los espacios que necesitan para ser exitosos y felices en la vida.

## F

**F.** Quisiera desahogarme un poco. ¿Sabes, Alfonso? El almuerzo en la universidad no me parece bueno, aunque he escuchado a algunas personas (muy pocas) decir que les gusta. Adicionalmente, hay algo que me ha puesto a pensar durante el último año y medio: si compro una botella de agua en el negocio que está cerca de mi oficina, me cuesta 700 pesos más que si la compro en un quiosco al lado del lago. El agua es de la misma marca y la misma referencia. ¿Cómo es que en el mismo espacio universitario el mismo artículo tiene precios tan distintos? Debo aclarar que no era sólo agua sino agua con gas y que tal vez hay muchas variables para esta diferencia en el precio (por ejemplo, costos distintos en los arriendos o en el transporte de los productos) que explicarían por qué en un mismo lugar, el mismo producto tiene precios significativamente diferentes, al igual que dos profesores que dictan una misma asignatura pueden considerar que un mismo resultado tiene dos valores distintos y explicarlo detalladamente. No obstante, tal situación me resulta poco objetiva y frustrante. Para tratar de superar esta contradicción desde hace un año empecé a construir, con la ayuda de los estudiantes, mi propia máquina de agua con gas.

Respecto a lo que dices frente a los sistemas educativos que están cambiando hay varias cosas que me preocupan. Las transformaciones más exitosas, como es el caso de Finlandia, se han hecho con un profundo entendimiento de su contexto, de qué tipo de sociedad son. Colombia siempre se ha impuesto transformaciones de otros lugares que muy pocas veces (por no decir ninguna) han considerado las particularidades de



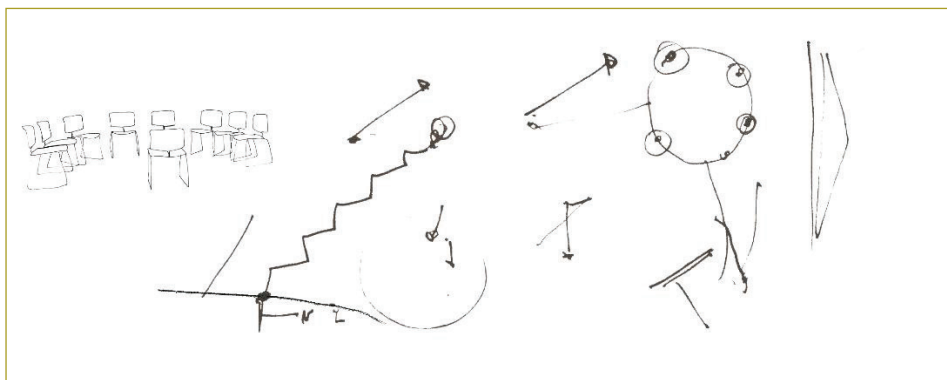
nuestra idiosincrasia ni de nuestro territorio. Si partimos de la idea de que apenas una minoría puede acceder a la educación en Colombia, estamos ante una limitante en la cual sólo un porcentaje muy pequeño formaría parte de este cambio. Si miramos dónde están ubicados los espacios educativos (si vamos más lejos, las universidades más importantes), veremos que el proyecto educativo se vuelve un proyecto de desplazamiento territorial. Me angustia pensar que todas las buenas intenciones planteadas para una educación mejor, terminen convirtiéndose en un nuevo problema. Por ejemplo, las notas terminaron desplazando en importancia los contenidos de las clases. Para un estudiante es mucho más importante hoy en día tener buenas calificaciones que apren-

der y por esta razón convertimos a los estudiantes en expertos en notas, les generamos una necesidad, saben calcular cuánto necesitan para pasar, saben que de esto depende su felicidad en vacaciones o su tiempo libre, saben regatear una décima o como presentar una excusa. ¿Qué tal que pudiéramos generar el mismo interés, casi intuitivo, por los contenidos de clase? A mí las notas aún no me dicen suficiente.

**A.** Los precios del agua, como las notas que se asignan, dependen del contexto en el que se definen y si construyes una máquina propia para hacer agua con gas el resultado será un precio diferente. En este momento hay dos caminos: considerar estos resultados como poco objetivos y frustrantes o intentar encontrar el precio real del agua (o en el caso del resultado del estudiante, encontrar la “verdadera” nota que debe asignarse).

Tanto darle un precio al agua como asignarle una nota a un estudiante eran ideas impensables en el pasado, en el primer caso en la época en que el agua era un bien universal y gratuito, y en el segundo en la época en la que en las instituciones educativas no existían ni las evaluaciones ni las notas. Cuando hablas de poco objetivo y frustrante me pongo a pensar en si existe lo objetivo en realidad o si lo objetivo es una construcción cultural destinada a volver objetivas cosas que eran antes subjetivas. A fin de cuentas, el problema con las notas no está en que haya valores distintos sino en el hecho de asignarles un valor.

**Nota.** Recomendamos al lector revisar en su diccionario las definiciones de términos como *regular*, *suficiente*, *bueno*, *bien*, *reprobado* y *excelente*.



Esquemas tradicionales (dibujo de Felipe Rodríguez G.).

## ANEXOS

Tabla comparativa de notas entre países

Colombia	Rumania	Finlandia	Egipto	EE.UU.	Japón	Dinamarca
4.0-5.0	9-10	5	75-100	A	80-100	10-13
-		4		B+		
3.5-3.9	7-8	3	65-74	B	70-79	7-9
-		2		C+		
3.0-3.49	5-6	1	50-64	C	60-69	6
-	-	-	-	-	-	5
0.0-2.9	0-4	0	0-49	F	0-59	Abajo de 5

Referenciada de <https://www.wes.org/gradeconversionguide/index.asp>

Descripción de las notas en distintos países

Nota	México	Egipto	Colombia
A	Muy bien	Distinguished/Excellent/Very good	Excelente
B+			Muy bueno
B	Bien	Good	Bueno
C+			Regular
C	Regular/Suficiente	Pass	Aceptable
F	Reprobado/No suficiente	Fail	Mínima

## REFERENCIAS

- Allen, F. (2010). *Education: Documents of contemporary art*. Co-published by Whitechapel Gallery and The MIT Press. *The pleasure of research*. Slager, H. (2015). Hatje Cantz Verlag.
- Binet, A. (1916). *The Intelligence of the Feeble-Minded*. Baltimore: Williams & Wilkins Company.
- Boaler, J. (2016). *Mathematical Mindset 2016*, Jossey Bass
- Lockhart, P. (2009). *A mathematician's lament*. Bellevue Literary Press.
- Boaler, J. & Dweck, C. (2015). *Mathematical Mindsets: Unleashing Students' Potential through Creative Math*.
- Calabrese, O. (1989) *La era neobarroca*. Madrid: Ediciones Cátedra.
- Deresiewicz, W. (julio de 2009). Las desventajas de una educación de elite. Revista *El Malpensante*, N.º 99 (Camilo Jiménez, trad.).
- Duncker, K. (1945). On Problem-Solving. *Psychol. Monogr.*, 58 (5, whole 270).
- Freire, P. (1985). *Pedagogía del oprimido*. Montevideo: Tierra Nueva. México: Siglo XXI Editores.
- Glacken, C.J. (1967). *Traces on the Rodhian Shore*. University of California Press.
- Glucksberg, S. (1962). The influence of strength of drive on functional fixedness and perceptual recognition. *Journal of Experimental Psychology* 63 (1), 36-41. New York University.
- Le Feuvre, L. (2010). *Failure: Documents of contemporary art*. Co-published by Whitechapel Gallery and The MIT Press.
- Lemon, N., Garvis, S. & Klopfer, C. (2014). *Of Working In Arts Education, Intellect*. The University of Chicago Press.
- Polya, G. & Sloan, S. (2009). *Mathematical Discovery on Understanding, Learning, and Teaching Problem Solving*.
- Postman, N. (april, 1993). *Technopoly: the surrender of culture to technology*. First Vintage Books Edition.
- Salazar, A. (2002). *No nacimos pa semilla*. Bogotá: Editorial Planeta Colombia S.A.
- Robinson, K. & Aronica, L. (2009). *The Element: How Finding Your Passion Changes Everything*.



# REVISTA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA

## Alcance y política

El objetivo de la *Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería* es difundir artículos técnicos que contribuyan al desarrollo del país a través de una publicación con alta calidad editorial y rigor científico.

La revista acepta prioritariamente los siguientes tipos de trabajos, que le permiten mantener su categorización:

1. **Artículo de investigación científica y tecnológica.** Documento que presenta, de manera detallada, los resultados originales de proyectos de investigación. La estructura generalmente utilizada contiene cuatro apartes importantes: introducción, metodología, resultados y conclusiones.
2. **Artículo de reflexión.** Documento que presenta resultados de investigación desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico, recurriendo a fuentes originales.
3. **Artículo de revisión.** Documento producto de una investigación donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo en ciencia o tecnología, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica.

También admite artículos de las siguientes tipologías:

4. **Artículo corto.** Documento breve que presenta resultados originales preliminares o parciales de una investigación científica o tecnológica, que por lo general requieren una pronta difusión.
5. **Reporte de caso.** Documento que presenta los resultados de un estudio sobre una situación particular, con el fin de dar a conocer las experiencias técnicas y metodológicas consideradas en un caso específico.
6. **Revisión de tema.** Documento resultado de la revisión crítica de la literatura sobre un tema en particular.

Cabe destacar que se privilegian para la revista los tipos de artículos de los numerales 1, 2 y 3.

La revista circula trimestralmente y recibe sólo artículos inéditos. Los trabajos recibidos se someten al concepto de pares académicos y del Consejo Editorial.

## Requisitos para la publicación de artículos

Los artículos presentados a la revista deben remitirse por correo electrónico a [revista@escuelaing.edu.co](mailto:revista@escuelaing.edu.co), adjuntando los siguientes formatos debidamente diligenciados: autor.doc, clasificación.doc y tipo.doc, cuyos archivos se pueden descargar de <http://www.escuelaing.edu.co/revista.htm>. En este mismo sitio está disponible la plantilla guía que contiene la estructura determinada por la revista para los artículos.

## Scope and policy

*Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería* disseminates technology articles helping to our country development. It emphasises on its high quality print and its scientific rigour. Articles submitted for publication shall be classified into one of the following categories— which allow it keeps its indexation:

1. **Scientific and technological research article.** These documents offer a detailed description about the original findings of research projects. In general, the usually used structure contains four important sections: introduction, methodology, results and conclusions.
2. **Reflection article.** These documents present the results of a research project on a specific, interpretative, or critical view by the author about a particular topic by using original sources.
3. **Review.** A document resulting from a finished research, where the published and/or unpublished findings of investigation in a particular field of science or technology are analysed, systematised and integrated to report the progress and the development tendencies. These documents include a careful bibliographic review.

*Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería* also accepts the following types of articles:

4. **Short article.** A brief text presenting the original, preliminary and/or partial results of a scientific or technological study, which normally need to be disseminated as quickly as possible.
5. **Case report.** A document that presents the results of a study on a specific situation in order to report the technical and methodological experiences considered in a particular case.
6. **Thematic review.** These documents are the product of a critical review of literature on a particular topic.

Our revista privilege articles as the highlight ones in numbers 1, 2 and 3.

*Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería* is a quarterly publication that only accepts unpublished articles. The revista submits all the papers to the verdict of two academic peers, who evaluate the article.

## Ruling for publication

The article must be sent by e-mail to [revista@escuelaing.edu.co](mailto:revista@escuelaing.edu.co) with 3 files attached: Author.doc, Classification.doc and Type.doc available in <http://www.escuelaing.edu.co/revista.htm>. There is also a template guide for the structure of the article (template guide.doc).





**Confía en 4-72,**  
el servicio de envíos  
de Colombia

Línea de atención al cliente:  
**(57 - 1) 472 2000 en Bogotá**  
**01 8000 111 210 a nivel Nacional**

.....

[www.4-72.com.co](http://www.4-72.com.co)