



Revista de la Construcción

ISSN: 0717-7925

revistadelaconstruccion@uc.cl

Pontificia Universidad Católica de Chile  
Chile

FORCAEL, E.; VARGAS, S.; OPAZO, A.; MEDINA, L.  
Rol del ingeniero civil en la sociedad chilena contemporánea  
Revista de la Construcción, vol. 12, núm. 2, noviembre, 2013, pp. 72-87  
Pontificia Universidad Católica de Chile  
Santiago, Chile

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=127629284006>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

*Role of the Civil Engineer in  
the Contemporary Chilean  
Society*

# Rol del ingeniero civil en la sociedad chilena contemporánea

## **Autores**

- FORCAEL, E.** Profesor Asistente, Depto. de Ingeniería Civil y Ambiental, Univ. del Bío-Bío, Avenida Collao 1202, Concepción, Chile  
eforcael@ubiobio.cl
- VARGAS, S.** Profesor Asistente, Depto. de Ingeniería Civil y Ambiental, Univ. del Bío-Bío, Avenida Collao 1202, Concepción, Chile  
svargas@ubiobio.cl
- OPAZO, A.** Profesor Asistente, Depto. de Ingeniería Civil y Ambiental, Univ. del Bío-Bío, Avenida Collao 1202, Concepción, Chile  
aopazove@ubiobio.cl
- MEDINA, L.** Asistente de Investigación, Depto. de Ingeniería Civil y Ambiental, Univ. del Bío-Bío, Avenida Collao 1202, Concepción, Chile  
lamedina@alumnos.ubiobio.cl

**Fecha de recepción** 18/4/2013

**Fecha de aceptación** 1/8/2013

Código interno RDLC 0129

## Resumen

A pesar de toda la información existente, acerca de los factores que pudieran definir en sí un rol para el ingeniero civil de la sociedad chilena contemporánea, existe limitada evidencia de un estudio que integre todos estos factores, a través de un modelo que permita definir este rol, por medio de un análisis cualitativo y cuantitativo. Este trabajo presenta los resultados obtenidos del análisis del rol del ingeniero civil en la sociedad chilena contemporánea, particularmente desde la creación en Chile, el año 1939, de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), hasta nuestros días. El estudio se centra en la obtención de información a través de una exhaustiva revisión bibliográfica, junto con la aplicación de un instrumento de medición (entrevista), a algunos de los ingenieros civiles más prestigiosos del país, tanto del ámbito académico, como del profesional; información que fue posteriormente procesada y analizada, utilizando ecuaciones estructurales. Esto permitió establecer algunos de los parámetros que mejor definen el

rol del ingeniero civil contemporáneo en Chile, a saber: Formación Académica, Desempeño Profesional, Liderazgo, Innovación y Vinculación con el Medio. El análisis cuantitativo de dichos parámetros se realizó utilizando ecuaciones estructurales, particularmente a través del uso de Partial Least Square (PLS). Con el fin de complementar y robustecer el análisis cuantitativo, se realizó además un análisis cualitativo, por medio de la técnica de patrones de ajuste (*pattern-matching*). Así, fue posible construir y validar un modelo que permitiera caracterizar el rol del ingeniero civil contemporáneo, en función de los parámetros antes mencionados, concluyendo que el papel de este profesional en la sociedad chilena contemporánea, se fundamenta en la formación académica que recibe, la creatividad e ingenio que posee para aportar con soluciones innovadoras, el logro de un desempeño profesional de excelencia, y la consideración en su quehacer del bienestar del medio con el cual se vincula.

**Palabras clave:** Ingeniero civil, rol, Chile contemporáneo.

## Abstract

*Despite all existing information about the factors that could define a role for the Civil Engineer of the contemporary Chilean society, there is limited evidence of a study that integrates all these factors, through a model that allows defining this role by using a qualitative and quantitative analysis. This paper presents the results obtained from the analysis of the role of the Civil Engineer in the contemporary Chilean society, particularly since the creation of the Chilean Economic Development Agency (CORFO) in 1939, until today. The study focuses on obtaining information through a comprehensive literature review, along with the application of an assessment instrument (interview), to some of the most prestigious Civil Engineers in Chile, both professors and/or professionals; information that was then processed and analyzed by using Structural Equation Modeling (SEM). This allowed establishing some of the parameters that best define*

*the role of the contemporary Civil Engineer in Chile, namely: Academic Background, Professional Performance, Leadership, Innovation and, Connection with Society. Quantitative analysis of these parameters was performed by means of Structural Equation Modeling, particularly through the use of Partial Least Square (PLS). In order to complement and strengthen the quantitative analysis, a qualitative analysis was also performed, through the technique of pattern-matching. Thus, it was possible to build and validate a model that would characterize the functions of the contemporary Civil Engineer, based on the aforementioned parameters, concluding that the role of this professional, in the contemporary Chilean society, is based on her/his academic background, the creativity and ingenuity that has to provide innovative solutions, through an excellent professional performance, and taking into account the welfare of the environment where she/he works.*

**Keywords:** Civil engineer, role, contemporary Chile, partial least square.

## 1. Introducción

### 1.1. Contexto

Para conocer los fundamentos que definen al ingeniero civil chileno, es necesario explorar desde los orígenes de esta profesión en el mundo y tener una idea clara de lo que ha sido y cómo ha logrado posicionarse hoy en día, como una de las profesiones más relevantes, no solo en Chile, sino también en el extranjero.

De la misma forma, es importante conocer cuál ha sido el papel que han jugado aquellos que se han involucrado con la Ingeniería Civil, quienes no solo se han desarrollado en el ámbito de la ciencia aplicada y la tecnología, sino que también han adquirido un compromiso con la sociedad y el medio que los rodea; todas actividades que pueden ayudar a definir el rol del ingeniero civil chileno durante los últimos 70 años.

### 1.2. Problema de investigación

A través de esta investigación, se busca plasmar una visión más contemporánea sobre la participación del ingeniero civil en la actividad nacional, puesto que hoy en Chile existe limitada evidencia en relación a su rol y evolución desde los años 40. Se busca de este modo, describir y contextualizar los avances o retrocesos que ha manifestado la Ingeniería Civil en los últimos 70 años, con el fin de obtener una descripción que permita definir a este profesional dentro del contexto chileno.

A este respecto, se analizaron los cambios que han surgido en la Ingeniería Civil de una década a otra, en relación a los ámbitos de la técnica, el arte y la ética (Negrín, 2010). Para realizar dicho análisis, se consideraron diversos puntos de vista de profesionales chilenos expertos en el área; además de una exhaustiva exploración bibliográfica. Todo esto se realizó desde el punto de vista de la formación académica del ingeniero civil chileno, y de su desempeño profesional.

### 1.3. Alcances de la investigación

Esta investigación se centra principalmente en la recolección de información bibliográfica a partir de 1939, año en el cual se crea la CORFO (Corporación de Fomento de la Producción), junto con la recopilación y análisis de información exploratoria recogida de la experiencia de ingenieros civiles chilenos, tanto del ámbito académico como profesional. Cabe destacar además, que solo un año antes de la creación de la CORFO, se publicó el libro "Historia de la Ingeniería en Chile" (Greve, 1938), documento que destaca obras de ingeniería atribuibles a la Ingeniería Civil, y que

ha servido de apoyo para el establecimiento de los fundamentos sobre los cuales se ha construido el rol del ingeniero civil contemporáneo en Chile, a partir de esos años.

### 1.4. Objetivos

#### 1.4.1 General

Analizar los parámetros que definen el rol del ingeniero civil en la sociedad chilena, a través de un estudio bibliográfico y exploratorio de campo, desde 1939 a la fecha.

#### 1.4.2 Específicos

- Conducir una exploración bibliográfica relevante sobre el rol de la Ingeniería Civil chilena desde 1939 en adelante.
- Elaborar un instrumento de recopilación (entrevista), que permita recabar información relevante sobre el rol del ingeniero civil en la sociedad chilena desde 1939 en adelante.
- Aplicar el instrumento de recopilación previamente desarrollado (entrevista) a ingenieros civiles referentes dentro de la Ingeniería Civil chilena.
- Analizar los resultados obtenidos de la exploración de campo, a través de herramientas estadísticas cualitativas y cuantitativas, que permitan validar los principales parámetros que definen el rol del ingeniero civil, en el Chile contemporáneo a partir de 1939.

## 2. Revisión bibliográfica

### 2.1. Orígenes de la Ingeniería Civil en el mundo

La ingeniería data de tiempos muy antiguos, pues aun sin nombrarla, se le podía reconocer a través de la construcción de chozas y palafitos que el hombre primitivo edificaba para protegerse de las inclemencias del clima y de los ataques de los animales salvajes, logrando así desarrollar la capacidad de crear e inventar de forma intuitiva (Fernández, 2001). Posteriormente, antiguas civilizaciones, como Grecia por ejemplo, logran su mayor esplendor de la mano de grandes obras, como por ejemplo: El Partenón, templos, ciudades, etc. (Cejas y Ulloque, 2009), las que si bien no eran ingeniería pura, sino más bien arquitectura, expresaban a través de su ingenio (base de la ingeniería), conocimientos ingenieriles de carácter empírico. Pero es en Roma donde tales conocimientos se perfeccionan, plasmándolos no solo a través de grandes obras de edificación, sino también por medio de una extensa red de calzadas que conectaban los pueblos a lo largo

de toda Europa, siendo todas ellas obras de ingeniería (Fernández, 2001).

Los romanos fueron capaces, además, de construir infraestructura destinada a cubrir necesidades sanitarias y de conectividad de los pueblos. Las técnicas utilizadas en la edificación por los romanos eran muy depuradas, empleando ya en aquellos tiempos, el hormigón y el ladrillo; construyendo grandes bóvedas, como la del Panteón de Roma de 44 m de luz, realizada en el siglo II a.C. e impresionantes acueductos (Fernández, 2001).

Siglos más tarde, es en Europa donde se consolida la ingeniería como tal, bajo la tradición francesa y la creación del *Corps des Ingénieurs du Génie Militaire* (Cuerpo de Ingenieros del Ejército) en 1675, durante el reinado de Luis XIV (Lyons, 1999). Luego, a partir del siglo XVI, se extiende este conocimiento a España, durante el reinado de Carlos I y de su hijo y sucesor Felipe II. Sin embargo, no fue sino hasta el reinado de Felipe V, cuando formalmente surge el título de ingeniero, creando por Real Cédula del 21 de abril de 1711, el Cuerpo de Ingenieros de los Ejércitos, Plazas, Puertos y Fronteras de San Miguel, naciendo así los ingenieros militares (DYNA, 2005).

Durante el reinado de Carlos III (1716-1788), se iniciaron las medidas reformistas de origen burgués que dieron lugar a la Ingeniería Civil en España (Greve, 1938). Aquí se dejaron de lado las ideas sobre ingeniería, y se tomaron como base los estudios científicos, que comenzaron a respaldar a los ingenieros y estudiosos que se incorporaban a esta rama de la ciencia. Importantes aportes para estos logros fueron los trabajos militares, que además de encargarse del orden de las personas, se involucraron en los trabajos de infraestructura, construcción de caminos y abastecimiento de agua (Fernández, 2001).

Ahora bien, la Ingeniería Civil no tomó identidad y nombre propio sino hasta el siglo XVIII, momento en el cual John Smeaton, el año 1771 en Inglaterra, se autodenomina ingeniero civil, para diferenciarse de los ingenieros militares, pues a pesar de haber comenzado sus labores ingenieriles en la milicia, se aleja luego para dedicarse a la construcción no militar (Petroski, 2002). Se describe a Smeaton más bien como un ingeniero por intuición y experiencia práctica, que por conocimientos matemáticos, lo que no le restaba mérito al momento de ser reconocido como el primer ingeniero civil. Creó también una sociedad, donde él y sus integrantes pasaban el tiempo conversando sobre hidráulica, matemática, filosofía y mecánica, de manera natural y socialmente (Petroski, 2002). Dicha sociedad se desintegra al morir Smeaton, refundán-

dose posteriormente como la Sociedad Smeatoniana, honrando su nombre en el año 1817.

Por otra parte, es importante destacar que la Escuela de Ingeniería más antigua del mundo se creó en Europa, llegando a tener categoría universitaria. Esta fue la *École Nationale des Ponts et Chaussées* (Escuela Nacional de Puentes y Calzadas) fundada en Francia en 1747 (Mitcham, 2009). Un siglo después, se crea la primera Escuela Politécnica de América, en Nueva York el año 1849 (DYNA, 2005). Esto a pesar de que, ya existían nociones de la ingeniería alrededor del año 1700 (Lyons, 1999), a través de dos tradiciones europeas: la francesa y la británica. En el caso de Estados Unidos, el año 1830 se otorga el grado académico en Ingeniería, al grupo de técnicos que dirigieron los trabajos del canal del lago Erie, cuyas aguas bañan Detroit al norte y Cleveland al sur, en la frontera natural de Estados Unidos y Canadá (DYNA, 2005).

A medida que el ingeniero comienza a ocupar un lugar en Europa y en Estados Unidos, también llega a ocupar uno en América Latina. Países como Cuba, México, Colombia, y por supuesto Chile, fueron los elegidos para que estos profesionales comenzaran a trabajar en nuevas obras ingenieriles.

A modo de ejemplo, se puede mencionar el caso de Colombia. Desde que la profesión de ingeniero civil se estableció de manera reconocida en ese país, a raíz de la apertura de los primeros programas profesionales a finales del siglo XIX, los ingenieros civiles encontraron en el sector público una fuente de actividad natural, ya que constitucionalmente el bienestar ciudadano impone la ejecución de obras para alcanzar dicho bienestar. Acueductos, alcantarillados, vías e infraestructura de transporte, generación eléctrica, obras urbanas y edificaciones, son manejadas por el sector público y ejecutadas con los dineros de los contribuyentes. Esto significa que los ingenieros civiles manejan diferentes recursos públicos, lo cual ocurre en menor proporción en otras especialidades de la ingeniería (Sarría, 1998). Es así entonces como en Colombia y en el resto de Latinoamérica, el papel principal de la ingeniería fue atender las necesidades básicas de una población creciente y posibilitarle el disfrute de una serie de servicios, creando las condiciones de infraestructura que permitieron el desarrollo de las actividades productivas y el crecimiento económico. En particular, resolviendo problemas físicos relacionados con la satisfacción de las demandas de agua, vivienda, comunicaciones, energía, etc., a partir de los recursos naturales renovables y no renovables disponibles, mitigando de paso el impacto producido por los ataques de la naturaleza, tales como: terremotos, inundaciones, entre otros (Mariño, 2007).

En términos del rol del ingeniero civil, y también dentro del contexto latinoamericano, aunque esta vez en Centroamérica, existe un informe desarrollado en Costa Rica que establece que “El Ingeniero Civil, además de proyectista, diseñador, constructor y operador, tendrá un rol aún más importante como integrante de un grupo multidisciplinario que deberá llevar a cabo estudios y toma de decisiones sobre impacto ambiental, protección de la salud pública y de la ecología” (Sáenz, 2002).

## 2.2. Interacción de la Ingeniería Civil con la sociedad

Con el fin de robustecer la definición de la Ingeniería Civil en términos de su rol, es apropiado analizar la participación de esta profesión en la sociedad. En estos términos se puede decir que la Ingeniería Civil ha jugado un papel trascendental en el bienestar de la sociedad, papel que ha ido evolucionando progresivamente a través del tiempo. Algunos autores indican que la construcción, como parte integrante de la Ingeniería Civil, es la que más impacto social ha tenido, incluso desde mucho antes de ser conocida como tal; por ejemplo, a través del ejercicio de la Ingeniería Militar que otrora tantas grandes obras civiles ejecutó (Fernández, 2001).

Como parte de la interacción que la Ingeniería Civil ha tenido con la sociedad, se considera también la ética y la responsabilidad social. Diversos autores se han dedicado precisamente a este punto, ya que la ética individualista no es suficiente para aportar a la sociedad, dado que también se necesita conocer de políticas públicas. Es así como durante el periodo contemporáneo, si bien ha sido importante conocer la historia política, también lo ha sido conocer la historia de las políticas de ingeniería, debido a su influencia social (Sarría, 1998).

Las condiciones sociales, políticas y económicas del nuevo siglo muestran que el perfil del ingeniero actual es muy distinto al del ingeniero de hace varias décadas. En este sentido, en términos académicos, numerosos estudios han demostrado que las metodologías de enseñanza, en las que se promueve que el estudiante sea el constructor de su propio aprendizaje (aprendizaje activo), son más eficientes en la formación de las actitudes y habilidades que el ingeniero requerirá en su vida profesional. Por ejemplo, Caro & Reyes (2003) desarrollaron una experiencia en algunos cursos de Ingeniería Civil en la Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, en los cuales se habían implementado actividades que promueven el aprendizaje activo. Los resultados confirman la eficiencia de estos métodos y sugieren la necesidad de reflexionar sobre una res-

tructuración curricular integral de los programas de Ingeniería Civil, de manera tal que contribuyan a la formación de ingenieros conectados con las realidades sociales de su entorno.

También como ejemplo de la interacción social que caracteriza a la Ingeniería Civil, el alcalde la ciudad de Mississauga, Canadá, señaló en una Conferencia de la Sociedad Canadiense de Ingeniería Civil (CSCE), que “siempre es popular para un político asignar fondos para un centro comunitario, una piscina, o un programa social. Sin embargo, un político no consigue votos para la asignación de fondos para mejorar un sistema de alcantarillado o una planta de manejo de residuos sólidos. Por lo tanto, el financiamiento para la infraestructura se está reduciendo, a pesar de ser el componente más vital de la economía, mientras que el medio ambiente parece ser la principal preocupación solo cuando ocurren los desastres” (Liggett y Ettema, 2001).

## 2.3. La educación en la Ingeniería Civil

Continuando con la exploración previa a la definición del rol del ingeniero civil, la educación es otra arista fundamental de este estudio. Importantes asociaciones norteamericanas y europeas han centrado parte de su quehacer a la enseñanza de la Ingeniería Civil. Un ejemplo de esto es la **American Society of Civil Engineering (ASCE)**, a través de su revista “**Professional Issues in Engineering Education and Practice**”.

En este sentido, Latinoamérica no ha sido la excepción. En Colombia por ejemplo, se han centrado en el diseño y la construcción del currículo y sus componentes para sus programas de estudios, los que proponen incluir no solo los aspectos referentes a los conocimientos propios de la ingeniería y las habilidades, que determinan la forma de actuar del estudiante frente a las obras civiles, sino también los aspectos motivacionales (los por qué y para qué), junto con la formación valórica que moldean el carácter del individuo, y que a su vez definen la actitud del estudiante frente al conocimiento, para asegurar un verdadero desarrollo de las competencias profesionales y personales que caracterizan al ingeniero civil colombiano (Hernández, 2005).

También, a modo de ejemplo latinoamericano y del Caribe, en Cuba se realizó un estudio que buscaba medir la motivación de los estudiantes para ingresar a la carrera de Ingeniería Civil. La experiencia educativa en ese país, indica que gran parte de los estudiantes no inician la carrera motivados profesionalmente, sino porque es una opción más a seleccionar. Esto, unido a la insuficiente orientación vocacional por ellos recibida, constituye las principales causas del fracaso de los estudiantes en los primeros años de la carrera (Guerra,

2001) y que se replica en el resto de Latinoamérica. De aquí entonces, que ni siquiera los estudiantes de Ingeniería Civil tengan plena conciencia de lo que están estudiando, lo que también dificulta la definición del rol del ingeniero civil contemporáneo en términos de su formación académica.

También en términos de formación académica, Aparicio (2007) relata lo sucedido desde el siglo XVIII hasta el siglo XX, en relación a la educación en Ingeniería Civil. Los recién graduados en Ingeniería Civil, no poseen necesariamente todas las habilidades y conocimientos que el mercado de trabajo exige, por lo que esta profesión ha ido perdiendo prestigio y reconocimiento. Parte de este problema se puede atribuir a la, a veces poco controlada, irrupción de la tecnología en el aula, la que ha impactado negativamente en algunas actividades de vital importancia para la formación del ingeniero civil, tales como: el trabajo en equipo, relaciones interpersonales, actividades en terreno, entre otras. Pudiera pensarse entonces, que si la formación en este campo incorporara, más allá de los aspectos estrictamente técnicos y tecnológicos, una mayor comprensión del entorno social, de los aspectos culturales y del sentido de la solidaridad, se tendría un profesional con una preparación más integral (Valencia, 2000).

Otro de los aspectos que también dificulta la definición de un único perfil para el ingeniero civil contemporáneo, es la duración de la carrera. En el contexto internacional, países como Estados Unidos por ejemplo, llevan años analizando y discutiendo acerca de la duración de la carrera de Ingeniería Civil, ya que para algunos su limitada duración (4 años), ha ido generando una pérdida de competitividad en términos formativos, comparada con otras carreras que sí han evolucionado, como medicina, odontología o derecho, que han aumentado sus años de formación a 5, 6 ó más años (Lyons, 1999). En los mismos términos, hace más de tres décadas que algunos autores vienen detectando a nivel mundial, un estado de crisis dentro de la Ingeniería Civil, la que pasa por un estancamiento en su pasado ilustre, el que no se ha actualizado apropiadamente (Murray y Muspratt, 1986).

Finalmente, como complemento a los aspectos antes mencionados, la formación universitaria tiene el compromiso de cambiar y adecuarse a las nuevas realidades del mundo. A este respecto, Caro y Reyes (2003) establecen que la formación en ingeniería debe propender a formar profesionales que: 1) comprendan la responsabilidad social de sus actos; 2) se comporten bajo altos preceptos éticos; 3) sean comprometidos, autónomos y confiables; 4) tengan las habilidades necesarias para usar, transformar y crear tecnología; 5) puedan trabajar exitosamente en equipos; 5)

tengan la capacidad de actualizarse y aprender en el largo plazo; 6) sepan comunicarse eficientemente; y 6) tengan habilidades de negociación y de toma de decisiones, entre otras.

## 2.4. Consolidación y evolución de la Ingeniería Civil en Chile

En el siglo XVIII, y por orden de las autoridades españolas, se comenzó a enviar ingenieros militares a Chile para obras específicas, las que en su mayoría eran de fortificación. Sin embargo, luego de pasado un período de aproximadamente 5 años, regresaban a España. No fue sino hasta el año 1796, que se destinaron a Chile ingenieros de manera permanente, como por ejemplo: Francisco Antonio García Carrasco y Eduardo Gómez Agüero (Greve, 1938), ambos de profesión militar, ocupando el primero de ellos el cargo de "Comandante de Ingenieros del Reino de Chile".

Fue así como, poco a poco, se fueron estableciendo ingenieros extranjeros en territorio chileno, como es el caso del ingeniero francés Alfredo Krahnass, quien se distinguió particularmente en el estudio de los ferrocarriles de la Araucanía; y del ingeniero alemán Juan Benito Mannheim, quien ejerció su profesión tanto en Talca como en Valparaíso (Greve, 1938).

Más tarde, luego de su independencia, Chile comenzó a materializar importantes hitos como incipiente nación, tales como: el establecimiento de la Universidad de Chile, en 1842 (Contreras y Osés, 2002), y la creación del Cuerpo de Ingenieros Civiles, el año 1888. Es curioso encontrar que, por aquellos años, a todos se les denominaba ingenieros o cualquiera podía serlo, ya que para acceder a este nombramiento, era necesario ser parte de los ciudadanos que trabajaban en el gobierno, o pertenecer a los que eran capaces de construir y generar fortificaciones para el país (Greve, 1938).

El primer título de ingeniero civil fue otorgado en la Universidad de Chile, en el año 1869 (Contreras y Osés, 2002). Sin embargo, durante las primeras décadas el número de postulantes no fue particularmente alto, tal vez por la baja motivación que existía al saber que la mayoría de los trabajos de dirección de obras públicas, construcción de puentes y caminos, eran asignados a ingenieros extranjeros (Fernández, 2001). Además, el "civil" (llamado así por profesionales de otras áreas), siempre fue descrito más bien como matemático, y no como profesional dedicado a las obras civiles, lo que fue cambiando lentamente a través de la materialización de las primeras edificaciones nacionales, llevadas a cabo por ingenieros civiles chilenos. Con los años, y particularmente durante el siglo XX en adelante, las obras de Ingeniería Civil fueron ocupando

un sitio importante en el contexto chileno. Ejemplo de ello, es la descripción que realiza el Colegio de Ingenieros de Chile, respecto de las grandes obras históricas de la Ingeniería Civil en la Octava Región del Biobío, publicación que también describe la evolución y el papel logrado en la sociedad y su interacción con ella (Colegio de Ingenieros de Chile, 2010).

De todo lo anterior, se concluye así que el ingeniero civil chileno ha evolucionado desde las obras de ingeniería militar de antaño a las obras civiles de hoy en día, a través de una formación sólida en matemáticas y ciencias, pero también a través del desarrollo de otras habilidades, tales como liderazgo, proactividad, rapidez en solución de problemas, entre otras. Sin embargo, algunos estudios indican que el ingeniero civil chileno presenta debilidades en las competencias blandas, que le dificultan el ser un profesional integral, el que además manifiesta una baja participación en temas de responsabilidad social (Colegio de Ingenieros de Chile, 2010).

Así entonces, a pesar de la información recabada, existe limitada evidencia de un estudio que integre toda esta información, a través de un modelo que analice cualitativa y cuantitativamente el rol del ingeniero civil en la sociedad contemporánea chilena; objeto de este paper.

### 3. Metodología

A continuación se presentan los pasos que fueron considerados para el desarrollo de esta investigación.

#### 3.1. Investigación bibliográfica

En esta etapa, se realizó una la revisión bibliográfica presentada anteriormente, junto con considerar además la formación académica del ingeniero civil, basándose en la información disponible en los distintos programas académicos de Ingeniería Civil chilenos. De esta forma, fue posible definir las diversas variables que conformarían preliminarmente el modelo de análisis, y sobre las cuales se elaboraría el instrumento de medición utilizado en la etapa de exploración de campo. Las variables consideradas en esta etapa correspondieron a: Formación Académica, Liderazgo, Vinculación con el Medio, Innovación y Desempeño Profesional.

#### 3.2. Exploración de campo

Una vez establecidas las variables a considerar en el modelo, se procedió a elaborar el instrumento de medición para recoger la información que permitiría

validar dichas variables y las relaciones entre ellas. El instrumento consistió en una encuesta de 40 preguntas a 30 ingenieros civiles referentes en sus respectivas áreas, los que además fueron seleccionados aleatoriamente de un listado elaborado con información proveniente de empresas constructoras y de ingeniería, además de universidades. Debido a que el estudio se centró en ingenieros civiles, de los cuales existe un amplio campo muestral, la selección consideró el tipo de muestreo estratificado, que divide en estratos iguales a la población, tomando aleatoriamente un número proporcional de individuos. Para hacer más representativo este estudio, la muestra se dividió en: ingenieros civiles académicos; ingenieros civiles del sector público; e ingenieros civiles del sector privado.

Para elaborar el instrumento de medición, se estableció por cada variable latente una serie de preguntas (asociadas a las variables observables). Una vez definidas las preguntas se procedió a la elaboración de una escala de medida; en este caso se utilizó la Escala de Likert para las preguntas cerradas. La escala dispone de 7 niveles de respuesta para cada ítem, los que van del 1 al 7. Estos valores van asociados al tipo de pregunta y, en general, establecen un grado de intensidad (por ejemplo, desde muy malo 1, hasta muy bueno 7, etc.). En este caso, la escala que más se utilizó fue en la entrevista, iba desde "1=muy en desacuerdo" a "7=muy de acuerdo". El hecho de trabajar con una escala de 7 puntos, ofrece mayor robustez estadística al momento de evaluar (Buckingham y Saunders, 2004). Además, este tipo de escala es fácilmente asimilable por los encuestados, dada su amplia utilización en investigación y otras materias (Benítez, 2009; Cheah *et al.*, 2007).

De las 40 preguntas con las que contaba la encuesta o entrevista, 25 correspondieron a preguntas cerradas (selección múltiple) y 15 a preguntas abiertas (libre respuesta). En el caso de las preguntas cerradas, las respuestas a estas fueron utilizadas como **inputs** para el modelo propuesto en esta investigación y su posterior análisis cuantitativo. Por su parte, las respuestas a las preguntas abiertas fueron utilizadas para llevar a cabo el análisis cualitativo, a través de la técnica de patrones de ajuste o "**pattern-matching**" (Auerbach y Silverstein, 2003).

La entrevista se elaboró utilizando los parámetros establecidos por Oppenheim (2001), y la validación de la información se realizó de acuerdo a lo establecido por Yin (2003), considerando cuatro pruebas de validez: por constructo, interna, externa y confiabilidad (Yin, 2003).

La validez por constructo, se refiere a establecer medidas específicas y objetivas para evaluar los términos que están siendo analizados por medio de la investigación, con el fin de evitar la subjetividad. Esto se logra a través de una apropiada selección de las fuentes de recopilación de información. Para este estudio, Oppenheim (1992) recomienda utilizar el tipo de muestreo estratificado, el que incluyó el análisis de diferentes fuentes de información proporcionadas por la experiencia entregada por los entrevistados, incluyendo además investigaciones de diferentes autores en temas relacionados con el presente estudio.

La validez interna tiene relación con la interpretación de datos, y trata de establecer la relación causal entre variables. Yin (2003) indica que la validez interna está relacionada específicamente con el establecimiento o búsqueda de una relación causal o explicativa; es decir, si el evento *x* lleva al evento *y*; excluyendo la posibilidad de que sea causado por un evento *z*. Para realizar esta validación, la presente investigación utilizó "*pattern-matching*" o patrón de ajustes, método que compara el patrón de comportamiento esperado que siguen las variables dependientes en función de las independientes, con respecto al patrón real. En efecto, se clasificó la información en dos apartados: información cualitativa e información cuantitativa, la que más tarde se entrecruzó para lograr esta validez.

La validez externa busca verificar si los resultados de un determinado estudio son generalizables más allá de los límites del mismo. Es la prueba que se cumple mediante la replicación de los hallazgos y la teoría desarrollada de un estudio a otro. Para este caso, se ve reflejado en el diseño desarrollado para esta investigación, el que consiste en analizar información sobre el ingeniero civil, que permitirá estudiar otros aspectos del profesional que pudieran ser analizados en futuras investigaciones.

Por último, el análisis de confiabilidad busca demostrar que los procedimientos llevados a cabo en un estudio, pueden repetirse a futuro, conduciendo a los mismos resultados y conclusiones. Nótese que se trata de realizar un estudio distinto, no una réplica del mismo. Para cumplir con este parámetro de validación, esta investigación siguió los pasos que se describen a continuación, conformando un protocolo que permite la repetición de este estudio.

Además de la validación de la entrevista descrita anteriormente, se condujo también una entrevista piloto. Esta permitió medir y calibrar el tiempo de respuesta del entrevistado, buscando además que las preguntas fueran explícitas y no presentarán confusión para el entrevistado.

### 3.3. Métodos de análisis

Para analizar los resultados obtenidos a través del instrumento de medición, el que contó de preguntas abiertas y cerradas, se utilizaron dos métodos de análisis; para las preguntas abiertas, Patrón de Ajustes, y para las preguntas cerradas, **Partial Least Square (PLS)**.

#### 3.3.1. Método cuantitativo

Para la sección de preguntas con alternativas o cerradas, donde los resultados que se obtienen se traducen en información numérica, se utilizó el método estadístico PLS (**Partial Least Square** o Mínimos Cuadrados Parciales). PLS es una técnica de modelación basada en la teoría de ecuaciones estructurales, que utiliza un enfoque de estimación basado en los componentes, enfocándose principalmente en el análisis causal predictivo y apoyado en la varianza, a través de la modelación entre las variables latentes y sus indicadores.

##### a) Marco conceptual de la herramienta PLS

Si bien las principales aplicaciones de PLS se encuentran en el área de marketing (por ejemplo, para ayudar a empresas interesadas en analizar a la competencia), esta herramienta ha sido también utilizada en otras áreas del conocimiento, principalmente psicología (Bookstein, 1994). Una de las ventajas de utilizar PLS como herramienta de análisis, es que esta no requiere de un alto grado de conocimiento del tema a estudiar (Caballero-Domínguez, 2006). En este sentido entonces, los fundamentos sobre los cuales se sustenta la utilización de PLS son: el análisis a llevar a cabo cuenta con un desarrollo teórico limitado; uno de los objetivos es la predicción; y el tamaño muestral es reducido.

El uso de PLS requiere de dos etapas. La primera de ellas consiste en la evaluación del modelo de medición, a través de la cual se determina si la relación entre las variables observadas y los conceptos teóricos o constructos que se pretenden medir es correcta. El segundo paso consiste en la evaluación del modelo estructural.

Ahora bien, en términos del software a utilizar en este estudio, se ha considerado SmartPLS (desarrollado en la Universidad de Hamburgo, Alemania), el cual trabaja con una matriz de datos que facilita el ingreso de información, mientras que el output es entregado en formato HTML, Excel o Latex (Gallese, 2007).

En términos del modelo, es importante diferenciar dos conceptos; por una parte se tiene el Indicador o ítem, que corresponde a aquellas variables observables, que

se pueden medir directamente, y que se representan en el modelo a través de rectángulos, y por otra parte, el Constructo o Factor, que corresponde a variables latentes no observables que solo se pueden medir de forma indirecta a través de los indicadores. Según el papel que jueguen en el modelo, estos últimos podrán ser exógenos (si no dependen de ningún otro factor), o endógenos (si son predecibles a partir de otros constructos). Se representan esquemáticamente a través de círculos en el modelo.

#### b) Evaluación del modelo

Como se mencionó anteriormente, la construcción de modelos basado en PLS consta de dos etapas; una es la evaluación del modelo de medida y la otra es el modelo estructural:

- Evaluación del modelo de medida

El primer paso en la evaluación del modelo de medida es el análisis de fiabilidad, el cual mide el grado de consistencia entre las múltiples medidas de una variable. Dado un cuestionario con múltiples preguntas (o ítems) que se agrupan en una serie de variables latentes (o constructos), los ítems que forman un constructo deben estar midiendo aspectos del mismo, por lo que las mediciones recopiladas de estos ítems deberían estar altamente correlacionadas. Para comprobarlo se verifican los siguientes requisitos:

- *Correlación entre los ítems de cada constructo*: Se mide con el índice Alfa de Cronbach. El criterio generalmente aceptado para dar por buenos los resultados es obtener un valor de este índice igual o superior a 0,7.
- *Correlación de cada ítem con el total de los elementos*: Para considerarlo aceptable se espera obtener un índice de correlación superior a 0,3.
- *Validez convergente*: Comprueba que la correlación entre los ítems de cada constructo sea significativa. En este caso los constructos deben cumplir con que su varianza extraída media (AVE) sea superior a 0,6. Además, la "carga" (o correlación) de los ítems sobre sus constructos también debe ser mayor de 0,6. Otros autores inclusive señalan que el AVE debe cumplir con una condición aún más exigente, recomendado un valor mayor a 0,5.
- *Validez discriminante*: Verifica que no haya constructos similares en el modelo, por lo que las correlaciones entre los distintos constructos debe ser baja. Para cumplir este requisito, se verifica que la

raíz cuadrada del AVE del constructo sea mayor a la correlación entre ese constructo y los demás.

- *Fiabilidad del constructo*: Analiza las correlaciones entre cada ítem con su constructo, y además la consistencia interna del constructo. Para que sea correcta la prueba, el indicador Alfa de Cronbach debe ser superior a 0,7 y la fiabilidad compuesta también debe presentar un valor superior a 0,7. Cualquiera de los dos parámetros mencionados anteriormente puede utilizarse para analizar esta fiabilidad.
- *Fiabilidad compuesta del constructo*: Mide la integración entre los indicadores de los constructos. Para que un constructo se considere correctamente integrado, las comunalidades (aquella variable que parte de su varianza es explicada por el constructo), deben tener un valor superior a 0,5.
- *Fiabilidad individual del ítem*: se valora examinando las cargas (o correlaciones), de los indicadores con su respectivo constructo. Para considerar que las relaciones son fuertes, es decir, para aceptar a un indicador como integrante de un constructo, las mediciones de estas cargas deben ser superiores a 0,7.
- Evaluación Modelo Estructural

De acuerdo a Barclay *et al.* (1995), el modelo estructural debe ser evaluado de tres maneras, tal como se indica a continuación:

- *Evaluando el coeficiente de varianza explicada  $R^2$* : Indica la cantidad de varianza del constructo endógeno que es explicada por medio de las variables que lo predicen. El valor de  $R^2$  debe ser mayor o igual a 0,1 (Falk y Miller, 1992), pues valores inferiores a 0,1 indican un bajo nivel predictivo de la variable latente dependiente.
- *Evaluando el coeficiente path,  $B$* : Indica en qué medida las variables predictivas contribuyen a la varianza explicada de las variables endógenas; evalúa el nivel de significancia de las relaciones entre los constructos. Para ser considerados significativos, los coeficientes deben alcanzar al menos un valor de 0,2 e idealmente situarse por encima de 0,3 (Chin, 1998a).

En resumen, a continuación se presentan los criterios adoptados para la evaluación del modelo estructural y para el modelo de medida:

**Tabla 1.** Parámetros para la evaluación de un modelo de acuerdo a la literatura

	Evaluación del modelo de medida				Evaluación del modelo estructural	
	Fiabilidad individual-item	Fiabilidad de constructo	Validez convergente	Validez discriminante	R <sup>2</sup>	β
Criterio	>0.7	Alpha > 0.7	AVE > 0.5	$\sqrt{AVE} > CORREL$	> 0,1	> 0,2

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.2. Método cualitativo

El análisis para la sección de preguntas abiertas o de respuesta libre, donde el entrevistado tiene la opción de formular por sí mismo su respuesta, se realizó mediante la técnica **Pattern-Matching** (Auerbach y Silverstein, 2003), la que consiste en buscar patrones de ajuste dentro de las diferentes respuestas, para la misma pregunta. Esto permite, extraer solo la información pertinente a la investigación, en relación a la pregunta planeada en la entrevista.

## 4. Resultados

### 4.1. Análisis cuantitativo

Como se ha mencionado, esta investigación busca evaluar y definir el rol del ingeniero civil en la sociedad chilena contemporánea. Para dicho efecto, y sobre la base de una exhaustiva revisión bibliográfica, se han definido 6 variables latentes, cada una con sus indicadores respectivos.

- a) Formación Académica (F. Académica): Como parte del análisis y definición del rol del ingeniero civil, la educación es una arista fundamental en este estudio. Esta variable fue elegida, debido a que la universidad es la primera aproximación que un futuro profesional tiene con la Ingeniería Civil. Además, son las prácticas docentes dentro de la academia, las que promueven el aprendizaje activo y formación del estudiante (Caro y Reyes, 2003), en este caso de la carrera de Ingeniería Civil.
- b) Innovación (Innovación): Esta variable ha sido adoptada, debido a los constantes cambios que históricamente ha vivido la Ingeniería Civil en términos de innovación (de ahí la raíz semántica de la Ingeniería, ingenio, que conlleva cambio, des-

cubrimiento, hallazgo, o sea, innovación). Ejemplo de ello en Chile, son los importantes proyectos que han marcado al país a través de grandes obras, tales como ferrocarriles, puentes, edificios, etc., muchas de ellas, innovadoras para la realidad nacional (Greve, 1938). Por último, de acuerdo a la exploración de campo realizada, se determinó que esta variable es además declarada dentro de los perfiles profesionales de las diferentes casas de estudio que imparten Ingeniería Civil.

- c) Desempeño Profesional (D. Prof.): Esta variable fue considerada en la elaboración del modelo, debido a la importancia que se le da a esta, en los diferentes perfiles profesionales de los departamentos de Ingeniería Civil del país. Además, la forma en la cual se logra desenvolver este profesional en el mundo laboral, es fundamental a la hora de analizar el rol que lo define como tal.
- d) Liderazgo (Liderazgo): Antiguamente, tal como lo señala Greve (1938), un alto número de ingenieros civiles se destacaron por su desempeño en altos cargos públicos, marcando incluso diferencia con otros profesionales. Hoy en día, esta también es una característica que la mayoría de las empresas buscan en sus profesionales, no solo dentro del ámbito público, sino también del privado.
- e) Vinculación con el Medio (V. con Medio): Esta variable fue elegida, ya que la sociedad es el ámbito dentro del cual se desarrolla la Ingeniería Civil. Autores como Mariño (2007) y Sarría (1998), declaran que es en la sociedad donde el ingeniero debe desarrollarse; los proyectos son para mejorar la calidad de vida de las personas y el entorno que les rodea, y esto se hace a través de las herramientas que la Ingeniería Civil posee.

En la Tabla 2 se presenta un resumen de las variables latentes a analizar:

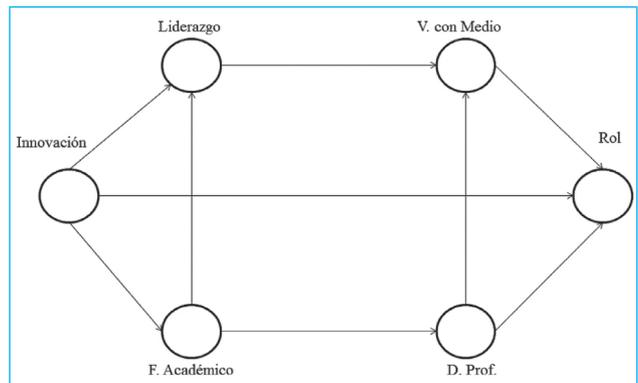
**Tabla 2.** Variables latentes consideradas en el modelo

Variable latente	Preguntas pertenecientes a cada variable latente	Escala de las preguntas
F. Académica	FORM1, FORM2, FORM3, FORM4, FORM5	1 a 7
Liderazgo	LID1, LID2, LID3	1 a 7
V. con Medio	VIN1, VIN2	1 a 7
Innovación	INN1, INN2, INN3	1 a 7
D. Prof.	DES1, DES2, DES3	1 a 7
Rol	ROL1, ROL2	1 a 7

Los resultados obtenidos por SmartPLS, nacen del modelo presentado en la Fig. 1, donde se aprecian las vinculaciones causales entre variables latentes.

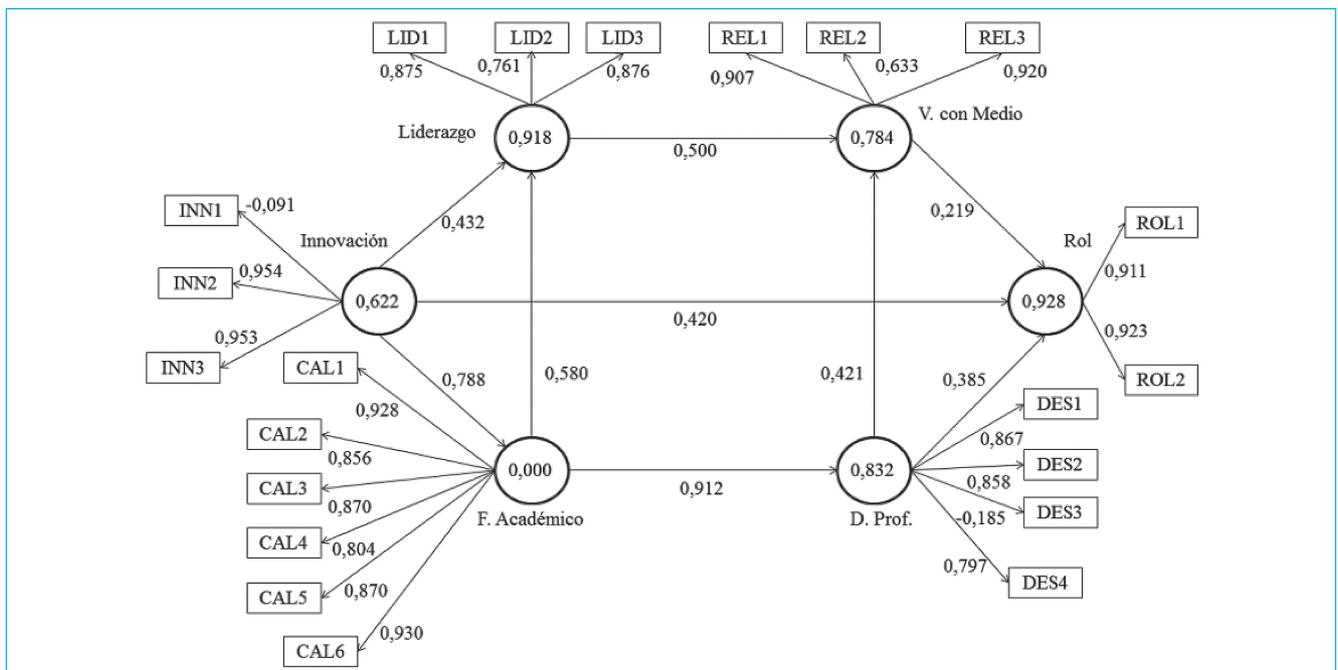
Las 30 entrevistas consideradas en este estudio, fueron separadas por ítem y pregunta, ingresando la información a SmartPLS, desde donde se obtuvo el primer modelo (Fig. 2).

**Fig. 1.** Interrelaciones de variables para representar el rol del ingeniero civil chileno contemporáneo



Las correlaciones de este primer análisis no fueron del todo satisfactorias, ya que los valores negativos obtenidos en las preguntas INN1 y DES3 no representan apropiadamente a sus respectivos constructos de Innovación y Desempeño Profesional. Estas preguntas buscaban, por una parte, rankear las áreas de la Ingeniería Civil que durante los últimos años más han contribuido en términos de innovación y, por otra parte, las áreas que durante los últimos años han sido las más

**Fig. 2.** Primer Modelo evaluado por el programa SmartPLS v2.0.



apetecidas por los ingenieros civiles para desarrollarse profesionalmente. La razón que explica estos valores de correlación negativos, es la gran variabilidad en las respuestas entregadas por los entrevistados.

Ahora bien, diversos autores (Barclay *et al.*, 1995; Hill *et al.*, 1987; Chin *et al.*, 1988b), afirman que si hay valores para el coeficiente  $\beta$ , que no representan a los constructos y que por ende no tributan al modelo, las preguntas asociadas a estas variables pueden ser eliminadas, proceso denominado depuración. En este caso, luego de la depuración se llega al modelo presentado en la Fig. 3.

#### 4.1.1. Validación del modelo propuesto

Ahora que se cuenta con un modelo, es necesario realizar distintos análisis que permitan validarlo. Para dicho efecto, los parámetros que se consideraron para la validación, son los arrojados por el software y que se presentan en la Tabla 3, los cuales están de acuerdo a lo planteado anteriormente en la metodología de evaluación.

En primer lugar, se analiza la validez del modelo de medida y luego, se validan las relaciones propuestas. Para evaluar el modelo de medida, se observa primero

Fig. 3. Modelo propuesto para el análisis del rol del ingeniero civil chileno contemporáneo

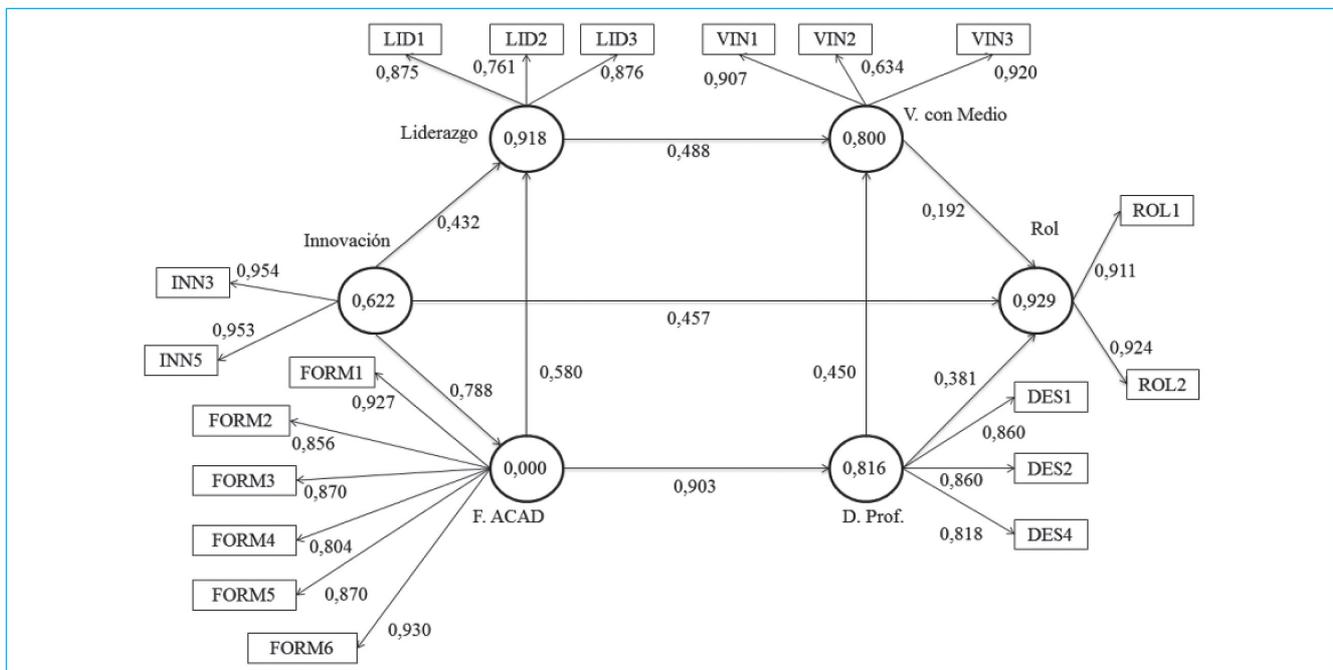


Tabla 3. Valores arrojados por el análisis

Constructos	Fiabilidad constructo	Validez convergente	Validez discriminante	R <sup>2</sup>
D. Prof	0,803622	0,716085	0,846218	0,816058
F. Académica	0,939815	0,769917	0,877449	
Rol	0,812032	0,841607	0,917391	0,929213
V. con Medio	0,773966	0,690566	0,831003	0,799889
Innovación	0,900028	0,909111	0,953473	0,621636
Liderazgo	0,788478	0,704091	0,839101	0,917877

la fiabilidad individual de cada ítem. Este procedimiento se realiza examinando las cargas o correlaciones simples de los indicadores, con sus respectivos constructos. Como se puede apreciar en la Fig. 3, todos los indicadores cumplen la condición de superar la carga de 0,7 con excepción del indicador REL2 de la variable Vinculación con el Medio, cuyo valor alcanzó a 0,634. No obstante esto, se ha decidido mantener esta variable, dado que para valores cercanos a 0,7 (en este caso 0,634), literatura especializada sugiere no eliminar la variable considerada dentro del modelo (Barclay, 1995; Chin, 1998).

La segunda condición a tener en cuenta es la consistencia interna, la que exige que el Alpha de Cronbach sea mayor a 0,7 (Nunnally y Berstein, 1994). Por lo que se puede apreciar en la Tabla 3, todos los valores de la fiabilidad por constructo están muy por sobre el 0,7 exigido. Así entonces, se puede afirmar que los constructos con los que se está trabajando son fiables.

Para continuar, y como tercer paso, se evalúa la validez de las escalas utilizadas (validez convergente), para lo cual se analiza la varianza extraída media (AVE). Fornell y Larcker (1981), recomiendan que esta sea superior a 0,5 con lo que se establece que más del 50% de la varianza del constructo se debe a sus indicadores. Como se aprecia en la Tabla 3, se cumple con este requisito en todos los constructos utilizados, con valores para la varianza extraída media que van desde el 69% para Vinculación con el Medio, hasta el 91% para Innovación.

Finalmente, la validez discriminante indica en qué medida un constructo es diferente a los otros constructos que conforman el modelo. Una forma de comprobar este criterio de validación, es demostrar que las correlaciones entre los constructos son más bajas que la raíz cuadrada de la varianza extraída media AVE, o sea  $\sqrt{AVE}$ . Tal como se observa en la Tabla 3, todos los valores para la validez discriminante son mayores que la varianza extraída media.

Dado que todas las pruebas realizadas anteriormente han cumplido los criterios propuestos, se puede afirmar que el modelo de medida utilizado resulta válido y confiable. Por ello, a continuación se procederá a evaluar el modelo motivo de esta investigación.

#### 4.1.2. Evaluación del modelo

Una vez obtenida la validez del modelo, se procedió a evaluar las relaciones causales propuestas para dicho modelo. De este modo, se observó qué cantidad de la varianza de las variables endógenas, es explicada por los constructos que las predicen.

En primer lugar, en la Tabla 3 se aprecian valores de  $R^2$  superiores a 0,1 para las variables latentes dependientes, por lo que todas las variables del modelo poseen un alto nivel predictivo. En otras palabras, estos valores de  $R^2$  indican que el porcentaje de la varianza de los constructos está fuertemente explicada por el modelo. En este sentido, se puede afirmar que el 93% de la varianza de la variable Rol está determinada directamente por la Innovación, Desempeño Profesional y Vinculación con el Medio, como un todo tributado por estas tres variables en conjunto. Por otra parte, también se puede decir que la varianza del constructo Liderazgo se explica en un 92% por las variables Innovación y Formación Académica, y que a su vez Vinculación con el Medio se explica por Liderazgo, también en un aproximado 92%. Se puede agregar además que, a diferencia de las demás variables, Formación Académica posee un valor de  $R^2$  de cero, por tratarse de una variable exógena.

En relación a los caminos o *paths* entre constructos, los valores de significancia obtenidos deben estar por encima de 0,3 (se acepta 0,2 como valor mínimo). Tal y como se puede observar en la Fig. 3, todos los *paths* o caminos, superan el valor de 0,3 sugerido, con excepción de la relación que va desde Vinculación con el Medio hacia Rol, el que está en 0,192. El hecho de tener este valor de 0,192 no quiere decir que el modelo esté mal planteado en términos de las relaciones propuestas. Este valor lo que indica, es que dado un nivel de significancia ligeramente por debajo del mínimo, la variable Vinculación con el Medio, si bien explica la variable Rol, esta simplemente no puede ser considerada como principal dentro del modelo, sino que aporta en menor medida en comparación con las demás variables, cuyos valores están muy por sobre el mínimo de 0,2.

#### 4.2. Análisis cualitativo

Uno de los primeros resultados obtenidos de las preguntas abiertas, es que el 100% de los entrevistados obtuvo su título de ingeniero civil en universidades tradicionales chilenas. Esto pudo deberse a que, por tratarse de ingenieros civiles referentes, con un importante número de años de experiencia (45% de ellos más de 20 años de experiencia y el restante 55% entre 7 y 20 años), no tuvieron la posibilidad de optar por alguna institución de educación superior privada al momento de comenzar con sus estudios.

Por otra parte, también en el ámbito académico, se pudo constatar que solo el 24% de los entrevistados entró a estudiar realmente motivado por la carrera de Ingeniería Civil, ingresando otro 38% por habilidades (por ejemplo, en matemáticas o física), y el restante

38% simplemente por descarte. Esto pudiera reflejar que, como ocurre en la mayoría de las carreras de pregrado, la falta de motivación o vocación pudo deberse al poco conocimiento acerca de la carrera de Ingeniería Civil, al momento de ingresar a la educación superior. No obstante esto, el 90% de los entrevistados expresó nunca haberse arrepentido de haber ingresado a estudiar Ingeniería Civil, junto con declararse satisfecho con la carrera elegida y con la formación recibida. Esto podría entonces confirmar, la alta influencia que posee la Formación Académica en el Desempeño Profesional del ingeniero civil en la sociedad chilena contemporánea, descrita por el modelo analítico.

También como parte de la influencia que posee la Formación Académica en el Desempeño Profesional, el 62% de los encuestados declaró haber realizado algún estudio de postgrado, con el fin de complementar los conocimientos adquiridos durante el pregrado en la universidad. Cabe recordar del modelo, que la variable Desempeño Profesional influye directamente en el Rol del ingeniero civil. De igual forma, con el fin de explicar el aporte que Formación Académica y Desempeño Profesional realizan sobre el Rol, otra de las preguntas realizadas a los encuestados, fue la de definir, en una sola palabra, al ingeniero civil contemporáneo chileno. A este respecto, el 14% coincidió en cualidades negativas, asociadas principalmente a lo "demasiado teórico y poco creativo", ya que se rige por pautas, no poniendo en uso el ingenio, característica fundamental en esta profesión. También dentro de este 14% de cualidades negativas, llamó la atención el término "sobredimensionado", atribuible principalmente al alto número de años que se requieren en Chile para optar al título de ingeniero civil (6 años en Chile, 5 en Europa, 4 en Estados Unidos), aunque también los entrevistados reconocen que parte de esos años, se invierten al inicio como parte de un proceso de nivelación necesario, dada la baja calidad educacional primaria y secundaria que existe en el país. El otro 86% de los entrevistados utilizó solo términos positivos para referirse al ingeniero civil en la sociedad chilena contemporánea, tales como: responsable, riguroso, trabajólico, con capacidad para trabajar bajo presión, entre otras, por lo que se puede inferir que el Desempeño Profesional de esos profesionales es calificado como bueno.

Como parte del rol del ingeniero civil contemporáneo en Chile, una de las competencias blandas que se buscó medir a través de esta investigación fue el Liderazgo. A este respecto, si bien es cierto el 100% de los entrevistados coincidió en que la entrega de fundamentos técnicos en las universidades es apropiada, también destacan, en el mismo porcentaje, que la entrega de competencias blandas, como Liderazgo

es limitada. En este sentido, el 77% considera como importantísimas, cualidades tales como: liderazgo, dirección de grupos y proactividad, definiéndolas como claves para el éxito, particularmente en cargos de alta dirección, por lo que su incorporación es relevante en la formación de nuevos ingenieros civiles. Sin embargo, existe también un 23% de los entrevistados que considera que dichas competencias blandas son propias de cada persona, y que es difícil incorporarlas al alumno a través del proceso de Formación Académica. De esta forma, se confirma el modelo, en términos de que Liderazgo no es una variable que influya directamente en el Rol del ingeniero civil contemporáneo en Chile, sino que dicha relación se da a través de Vinculación con el Medio.

En términos de la variable Vinculación con el Medio, otra de las preguntas realizadas se refería a la importancia de tener hoy en día asociaciones que agrupen a ingenieros civiles, tales como el Instituto de Ingenieros, ACHISINA, AICE, entre otras. El 57% coincidió en que las asociaciones que hoy incorporan al ingeniero civil, no cuentan con las herramientas suficientes para generar cambios reales, siendo limitadas las instancias de discusión entre las diferentes áreas que abarca la Ingeniería Civil, instancias que permitirían tomar parte en el desarrollo del país y vincularse con este. Entre los encuestados, el 20% de ellos considera suficiente la existencia de asociaciones por especialidad como las que ya existen (AICE, ASICHINA, etc.), mientras el 42% del total de encuestados considera que no es necesario que hoy en día existan este tipo de asociaciones, atribuyendo esto al hecho de que "el ingeniero es muy individualista y competitivo". Estos datos reafirman la baja correlación que existe entre las variables Vinculación con el Medio y el Rol del ingeniero civil contemporáneo en la sociedad chilena, tal como lo evidenció el análisis cuantitativo.

Finalmente, y reafirmando la participación de las variables Liderazgo, Desempeño Profesional e Innovación, en la definición del rol del ingeniero civil en el Chile contemporáneo, el 80% de los encuestados coincide en que este profesional está capacitado para abordar técnicamente cualquier tipo de proyecto, por complejo que este sea, cuyo desarrollo exige la implementación de soluciones innovadoras y que requieren de un liderazgo que otrora era resorte de ingenieros extranjeros.

## 5. Discusión final y conclusiones

Esta investigación logró recopilar información bibliográfica y de campo, con la que se logró establecer los parámetros para elaborar un modelo que permitiera describir el rol del ingeniero civil en la sociedad

chilena contemporánea desde 1939 en adelante. De dicha recopilación, los parámetros que se obtuvieron para este análisis fueron (1) Formación Académica, (2) Innovación, (3) Desempeño Profesional, (4) Liderazgo, (5) Vinculación con el Medio.

El estudio se llevó a cabo utilizando herramientas de análisis cuantitativo y cualitativo. A través de estos análisis, fue posible construir un modelo sobre la base de los parámetros antes mencionados, permitiendo describir el rol del ingeniero civil en la sociedad chilena contemporánea, en función de dichos parámetros.

En términos del modelo propuesto, este cumplió con los criterios de evaluación estructural y de medida, con lo cual fue posible sostener que el modelo propuesto es válido y confiable. Además, el modelo presentó una correlación causal entre variables, lo que permitió establecer su grado de influencia sobre el rol del ingeniero civil de la sociedad chilena contemporánea. Respecto a los parámetros analizados se pudo concluir lo siguiente:

- *Formación Académica*: Los conocimientos entregados en la universidad son significativos para la definición del rol, particularmente por la gran influencia que tiene sobre su desempeño profesional. Esto se vio reflejado en el modelo, al obtener un  $R^2$  de 0,816 y un  $\beta$  de 0,9 en Desempeño Profesional, lo que indica el alto poder predictivo de Formación Académica sobre Desempeño Profesional.
- *Innovación*: Los encargados de entregar las herramientas a los futuros ingenieros civiles son las universidades, las que en su quehacer, potencian la innovación y la generación de conocimiento de vanguardia. Dicha afirmación se sustenta en los resultados obtenidos del análisis, en donde Formación Académica nuevamente alcanza un valor relevante para  $R^2$  de 0,62 para el parámetro Innovación.
- *Desempeño Profesional*: Esta variable queda explicada en un 90% por la Formación Académica. Así, es posible inferir que una sólida entrega de conocimientos y competencias en el aula, puede preparar a un ingeniero civil para desempeñarse apropiadamente en el mundo laboral, cumpliendo así con muchas de las características y cualidades declaradas en los perfiles académicos, de los distintos programas de Ingeniería Civil en Chile.

- *Liderazgo*: En un primer modelo desarrollado, los valores de significancia respecto del rol fueron negativos, por lo que se decidió eliminar aquella relación del modelo. Dicho valor negativo podría deberse a que, en muchos casos, este parámetro de Liderazgo forma parte intrínseca de la personalidad de la persona, y no aporta directamente al rol del ingeniero civil. Ahora bien, una eventual mejora de este parámetro respecto del rol, pudiese lograrse a través de la incorporación en las mallas curriculares, de talleres y/o cursos que potencien las habilidades blandas en los estudiantes de Ingeniería Civil, toda vez que la Formación Académica explica el 58% de la variable Liderazgo en el modelo propuesto. No obstante todo lo anterior, Liderazgo tributa al Rol del ingeniero civil contemporáneo en Chile, a través de la variable Vinculación con el Medio, pues la explica en casi un 50% ( $\beta=0,488$ ).
- *Vinculación con el Medio*: Otrora en la historia de la Ingeniería Civil, la responsabilidad social formaba parte importante de la actividad desarrollada por estos profesionales. Hoy en día, como se observa en el modelo, esta variable está al límite de la significancia sobre el rol del ingeniero civil contemporáneo chileno, debido a que el coeficiente mínimo recomendado para  $\beta$  es 0,2 y se obtuvo en el modelo un valor de 0,192 para predecir dicho rol. Según Kline (1998), valores de  $\beta = 0,1$  implican un efecto pequeño de esta variable sobre otra, por lo que se ratifica lo encontrado en el análisis cualitativo que indicó que existe limitado interés en las actividades de vinculación (como por ejemplo, participación en sociedades y/o agrupaciones de ingenieros civiles), por ende el bajo aporte de esta variable al Rol del ingeniero civil Contemporáneo en Chile.

Como conclusión final, el modelo desarrollado permitió realizar un análisis del rol del ingeniero civil en la sociedad chilena contemporánea, sobre la base de los parámetros definidos a través de esta investigación. De esta forma entonces, se puede finalizar diciendo que el rol del ingeniero civil comienza fundamentado en la sólida formación académica que recibe este profesional, junto con la creatividad e ingenio que posee para generar nuevos aportes en términos de innovación, logrando un desempeño profesional de excelencia a través de los proyectos que realiza, aunque con una limitada vinculación con el medio.

## Bibliografía

- Aparicio, A. (2007). "Tradition and Innovation in Teaching Structural Design in Civil Engineering". *J. Prof Issues in Eng. Educ. Pract.*, 133(4), 340-349.
- Barclay, D; Higgins, C. y Thomson, R. "The partial least squares (PLS) approach to causal modeling: Personal computer adoption and use as an illustration". *Technology Studies*, 2(2), 285-309.
- Caballero-Domínguez, A. (2006). "SEM vs. PLS: Un enfoque basado en la práctica". *IV Congreso de Metodologías de Encuestas*. Madrid, España.
- Caro, S. y Reyes, J. (2003) "Prácticas Docentes que Promueven el Aprendizaje Activo en Ingeniería Civil". *Revista de Ingeniería - Universidad de los Andes*. 18(1), 48-55.
- Cejas, M. & Ulloque, C. (2009). La Escultura en la Grecia Clásica (siglos IV-V a.C.). *Huellas de la Historia*. 3(1), 1-11.
- Colegio de Ingenieros de Chile. (2010). *200 años de Ingeniería en la Octava Región del Biobío*. Santiago: Colegio de Ingenieros de Chile.
- Contreras, G; Osés, D. y Arancibia, E. "Una Mirada a la Historia". *160 Años Haciendo Historia*. 1(1), 15-24.
- Chin, W. (1980). "Issues and Opinion on Structural Equation Modeling". *MIS Quarterly*. 22(1), 7-17.
- Chin, W. (1988). "The Partial Least Square Approach to Structural Equation Modeling". *Modern Methods for Business Research*. 1(1), 295-336.
- DYNA. (2005). "Historia de la Ingeniería. Ingeniería e Industria". 80(4), 32-34.
- Fernández, M. (2001). "Ingeniería militar e ingeniería civil, dos ingenierías íntimamente vinculadas" *Revista de Obras Publicas*. Nº 3413, 47-57.
- Fornell, C. y Larcker, D.F. (1981). "Evaluating Structural Equation Model with Unobservable Variables and Measurement Error". *J. of Marketing Research*. 1(1), 39-50.
- Gallese, E. (2007). "Pls Path Modeling en la Alta Complejidad y Escasa Información del Tercer Milenio". *Instituto de Investigaciones Económicas de la FCEyE de la Universidad Nacional de Rosario*.
- Greve, E. (1938). *Historia de la ingeniería en Chile*. Santiago, Chile: Imprenta Universitaria.
- Guerra, M. L. (2001). "La Motivación profesional en la carrera Ingeniería Civil". *Pedagogía Universitaria*. 8(5), 77-84.
- Hill, T., Smith, N.D. & Mann, M.F. (1987). Role of efficacy expectations in predicting the decision to use advanced technologies: the case of computers. *Journal of Applied Psychology*. 72(2), 307-313.
- Kline, R. B.(1998). *Principles and practice of structural equation modeling*. New York: Guilford.
- Liggett, J. y Ettema, R. (2001). Civil-Engineering Education: Alternative Paths. *J. of Hydraulic Engineering*. 12(127), 983-1072.
- Lyons, W. (2012) "U.S. and International Engineering Education: A Vision of Engineering's Future". *J. of Professional Issues in Engineering Education and Practice*. 126(4), 152-155.
- Mariño, J. (2007). "Reflexiones sobre el papel de la Ingeniería Civil en la evolución del medio ambiente en Colombia". *Revista de Ingeniería*. Nº 26, 65-73.
- Mitcham, C. (2009). "A historico-ethical perspective on engineering education: From use and convenience to policy engagement". *Engineering Studies*. 1(1), 35-53.
- Murray, A. y Muspratt, M. (1986). "Civil Engineering in Crisis". *J. Prof. Issues in Engineering*. 112(1), 301-302.
- Negrín, A. (2020). *La Ingeniería Civil: ¿Profesión Técnico Científica?, ¿Dedicación y Entrega?, ¿Arte?*. IX Congreso Nacional de Ingeniería Civil (Academia y Ejercicio Profesional), San José, Costa Rica. Facultad de Ingeniería, Cuba. 11-13.
- Oppenheim, A. (1992). *Questionnaire Design, Interviewing, and Attitude Measurement*. London: Pinter Publishers.
- Petroski, H. (2002) "El ingeniero Civil". *Revista Ingenierías*. 5(17), 7-13.
- Sáenz, R. (2002). *El Rol del Ingeniero Civil en el Campo de la Ingeniería Sanitaria y Ambiental en el siglo XXI*. IX Congreso Nacional de Ingeniería Civil (Academia y Ejercicio Profesional), San José, Costa Rica.
- Sarría, A. (1998). "Crisis y Realidades de la Ingeniería Civil Colombiana". *Revista de ingeniería Universidad de los Andes*. Nº 17, 4-12.
- Valencia, D. (2000). "Crisis y futuro de la Ingeniería Civil". *Ingeniería y Competitividad*. 2(2), 63-68.
- Yin, R. (2003). *Applications of case study research: Design and Methods*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, Inc.