

# Estado de Arte de la Profesión: Ingeniería Civil



# La enseñanza de la Ingeniería Civil en Costa Rica

## RESUMEN

En este artículo se realiza una recopilación de la información general con que las escuelas de ingeniería civil de Costa Rica enseñan la disciplina de la ingeniería. Se reflexiona sobre las razones por lo que se hace de esa manera y se da una mirada al futuro próximo de la disciplina de la ingeniería civil.

Este trabajo tiene como intensión teleológica que los errores cometidos en la llamada “platina”, de bochornosa data, no se vuelvan a repetir<sup>1</sup>.

**Palabras claves:** Ingeniería, civil, escuela, acreditación, crédito, competencia, referente, técnica, software, construcción, robot, material, última, SINAES.

## ABSTRACT

In this article a compilation of the general information with which the civil engineering schools of Costa Rica teaches the discipline of engineering is made. It reflects on the reasons for what is done in this way and gives a look at the near future of the discipline of civil engineering.

This work has as a teleological intension that the mistakes committed in the so-called “platen”, of embarrassing data, are not repeated again.

**Keywords:**

---

<sup>1</sup>Ing. Luis Guillermo Alvarado Rodríguez. MSc. Universidad de Costa Rica.

Determinar el estado del Arte de la Enseñanza de la Ingeniería Civil en Costa Rica representa un verdadero reto dada la escasez de información estadística relativa al desempeño de las distintas escuelas de ingeniería de Costa Rica y al éxito, también relativo, de sus graduandos. Son los procesos de acreditación de las distintas escuelas los que están obligando a la investigación de los logros obtenidos por los graduandos en ingeniería y por lo tanto se convierten en una medida indirecta del éxito de cada plan académico.

La enseñanza de la ingeniería civil en Costa Rica se da en seis escuelas distribuidas como sigue:

- Universidad de Costa Rica (UCR) de carácter público, con una escuela creada en 1940 con el inicio de la universidad, pero que en realidad daba continuidad a lo organizado en Costa Rica desde el 3 de julio de 1903 con la Facultad Técnica de la República<sup>2</sup> y cuyo actual plan de estudios contempla 179<sup>3</sup> créditos . Es el referente nacional del cual las otras escuelas han tomado parte de la información para crear sus planes de estudio.
- Universidad Autónoma de Centroamérica (UCA) de carácter privado, con una escuela creada en 1976.



<sup>2</sup> Obregón Quesada, Clotilde, 2005. Historia de la Ingeniería en Costa Rica. San José, Costa Rica. Colegio de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica. ISBN 9968-933-00-7

<sup>3</sup> Crédito: “Es una unidad valorativa del trabajo del estudiante, que equivale a tres horas reloj semanales de trabajo del mismo, durante 15 semanas, aplicadas a una actividad que ha sido supervisada, evaluada y aprobada por el profesor”. Así definido en el CONVENIO PARA UNIFICAR LA DEFINICIÓN DEL CRÉDITO EN EL EDUCACIÓN SUPERIOR DE COSTA RICA (Aprobado en sesión 2297-16, 19/07/1976. Publicado en Leyes, Convenios y Decretos de la Educación Superior Universitaria Estatal en Costa Rica de CONARE.

- Universidad Central Costarricense (UC) de carácter privado, con una escuela creada en 1997, plan de estudios de 184 créditos.
- Universidad Fidélitas (UFidélitas) de carácter privado, con una escuela creada en xxxx, con un plan de estudios de 190 créditos.
- Universidad Latina de Costa Rica de carácter privado, cuenta con dos escuelas de ingeniería civil ambas con programas de estudio distintos dado el origen de dichas escuelas:
  1. Una escuela ubicada en la sede del Cantón de Montes de Oca de la provincia de San José, creada en 1996, y con un plan de estudios de 204 créditos.
  2. Y otra, ubicada en el Cantón Central de la provincia de Heredia, creada en 1999<sup>4</sup>, con un plan de estudios de 190 créditos.

Existe además una titulación similar a la Ingeniería Civil por parte del Instituto Tecnológico de Costa Rica, de carácter público, con la carrera de Ingeniería en Construcción que fue creada en el año XXXX y cuyo plan de estudios contempla xxxx créditos.

Todos los programas de ingeniería civil tocan con mayor o menor grado de profundización las siguientes áreas de la ingeniería: Área de Estructuras, Área de Construcción, Área de Suelos y Geotécnica, Área de Transportes y Carreteras, Área de Hidráulica y Saneamiento Ambiental. Cada área termina con uno o dos cursos destinados al diseño. El aprendizaje de la Ingeniería civil en sus contenidos mínimos, universalmente aceptados, ocurrirá luego de 660 horas de estudio por parte del aspirante y un conocimiento promedio del 70%.

Sin embargo, las encuestas realizadas a los empleadores indican otra clase de problemas, que no necesariamente son del conocimiento de las técnicas de la ingeniería como son, las habilidades blandas, tales como problemas de comunicación, problemas en redacción de informes, problemas de trabajo en grupo, problemas de falta de criterio al evaluar los problemas de ingeniería civil, algunos, indican falta de dominio en las técnicas de la ingeniería.

Tales observaciones son congruentes con los resultados de las encuestas realizadas a egresados, quienes manifiestan que los programas de estudio no profundizan suficientemente como para un buen desempeño inmediato en sus respectivos trabajos,

teniendo problemas en lectura de planos, presupuestación de obras, confección de informes, desconocimiento del software de diseño, además de algunos conceptos de ingeniería que nunca vieron durante su carrera.

Lo anterior concuerda con los pedidos de mejora que realiza el Sistema Nacional de Acreditación de la Educación Superior a las escuelas de ingeniería civil que desean obtener la acreditación de ese ente, al solicitar que todas las carreras deben reforzar y aumentar la calidad y cantidad de la infraestructura de enseñanza como son los laboratorios, cumplir con mínimos en la cantidad y calidad del profesorado, realizar cambios en los programas para tener, al menos, dos cursos integradores de conocimientos de la disciplina (a la mitad del programa y al final del programa de estudio); cursos que permitan a las direcciones de las carreras evaluar constantemente la asimilación de las competencias del estudiante de ingeniería civil, además se pide la integración de ejes curriculares longitudinales y transversales que obliguen al cumplimiento de algunas normas estandarizadoras como son, el que los informes que realicen los estudiantes en los distintos cursos cumplan con las Normas APA, y, sobre todo, la

<sup>4</sup> En esta fecha la Escuela de Ingeniería Civil era parte de la Universidad Interamericana de Costa Rica, que posteriormente fue comprada por el grupo Laureate International Universities dueños también de la Universidad Latina de Costa Rica (ubicada en San Pedro de Montes de Oca), quienes cambiaron su nombre a Universidad Latina de Costa Rica sede Heredia.

adecuación de la currícula del grado de licenciatura a una cantidad de créditos máximo de 180 créditos.

El proyecto Tuning América Latina<sup>5</sup> identifica como competencias genéricas del ingeniero civil el identificar, plantear y resolver problemas. Con resultados concretos expresados de la siguiente manera<sup>6</sup>:

“El ingeniero

- Identifica e interpreta problemas dentro de un contexto (de la realidad).
- Formula una hipótesis.
- Identifica los principios que intervienen en la resolución del problema.
- Delimita y modela el problema.
- Plantea soluciones al problema.
- Selecciona y justifica una solución.
- Valida la solución”

Este proyecto, también identifica competencias específicas expresándolas de la siguiente manera<sup>7</sup>: Maneja e interpreta información de campo y laboratorio.

Además, especifica los resultados concretos que se deben esperar del Ingeniero Civil:

- Identifica la información requerida.
- Selecciona procedimientos, técnicas y métodos de recolección.
- Obtiene y selecciona la información.
- Procesa e interpreta la información.
- Elabora un informe y/o utiliza la información.

La comparación con los sondeos realizados a empleadores, a los exalumnos y los esfuerzos por estandarizar para aumentar la calidad del SINAES, deja de manifiesto que hay problemas en la enseñanza de la ingeniería en Costa Rica, mismos que las universidades están tratando de resolver siguiendo procesos de acreditación.

Sin embargo, el mundo de la ingeniería se está moviendo vertiginosamente hacia la utilización de novedosos materiales de construcción, a la utilización de diversos software de diseño, a la creación de robots, como las impresoras 3D y al software para planificación de obras que hacen que los conocimientos técnicos

aprendidos en clase actualmente sean de alguna forma obsoletos, haciendo necesario planificar un nuevo enfoque de la enseñanza de la ingeniería y más aún redefinir el ámbito de la ingeniería civil.

Poco a poco se va perfilando un ingeniero del futuro que será la mezcla de varias disciplinas, en las que necesariamente se deben tomar en cuenta: las tecnologías de los materiales, tecnologías de robótica y tecnologías de sistemas, todas integradas en una sola disciplina ingenieril.

El profesorado actual se encuentra con algún grado de obsolescencia en estas tecnologías. En las aulas se replica lo que le enseñaron al docente, diez o veinte años atrás, sin embargo, en contraste y con el advenimiento del internet, de los teléfonos celulares, del software expés (aplicaciones) los estudiantes, tratan de localizar aplicaciones que les resuelvan los problemas de ingeniería con poco o ningún esfuerzo. Esto se empieza a notar con el rechazo de los estudiantes ante profesores que no muestran modernización. La academia debe entender que la tecnología llegó para quedarse y que debe ser ampliamente integrada a los programas de enseñanza.

<sup>5</sup> Guerrero Spínola, Alba Maritza (editora). 2013. Tuning América Latina, Educación Superior en América Latina: reflexiones y perspectivas en Ingeniería Civil. Publicaciones de la Universidad de Deusto, Bilbao, España.

<sup>6</sup> Tuning América Latina, Educación Superior en América Latina: reflexiones y perspectivas en Ingeniería Civil, pagina 68.

<sup>7</sup> Tuning América Latina, Educación Superior en América Latina: reflexiones y perspectivas en Ingeniería Civil, página 69.

Podemos encontrar software para prácticamente todos los tópicos, como por ejemplo para el diseño de estructuras, para el análisis de suelos, la estabilidad de taludes, para el trazado de carreteras, para el cálculo de movimientos de tierra, para el cálculos de resistencia de materiales, además, en cualquiera de las modalidades de diseño como: diseño elástico, o inelástico, o diseño de elemento finito. Unos ejemplos de programas gratuitos se pueden ver y descargar de la página <http://civilgeeks.com/>, sin dejar de tomar en cuenta los programas de pago, cuyas capacidades de solución a los problemas de ingeniería son asombrosos. Entre estos, los programas Auto Cat, Revit, Inventor, Mechanics, Auto Cat Eléctrico entre otros, de la empresa AutoDesk. Para la modelación de estructuras el SAP2000 de Computers & Structures. Inc., para el diseño de estructuras metálicas el EdiLuss Steel de la empresa ACCA Software, Arquimet 2.0 de Acesco. Para la hidráulica y la hidrología, WaterGEMS, WaterCAD, HAMMER, etc.

Es claro que el profesor se debe actualizar con cursos de punta, sin embargo, estos son usualmente caros y escasos, ya que son impartidos por las empresas dueñas de las licencias. Esto llevará, necesariamente, a analizar el modelo utilizado por las universidades de Costa Rica, públicas y privadas, para la contratación de profesores.



Antes de la creación del SINAES las universidades en general contrataban profesionales independientes para que impartieran cursos que fueran de su expertís, estos daban el curso por un salario usualmente bajo y luego se desentendían del quehacer académico hasta la siguiente sesión con los estudiantes. Los títulos académicos como maestrías y doctorados eran poco valorados y remunerados.

La excepción la constituía, y la constituyen en la actualidad, las universidades públicas en las que algunos profesionales pueden hacer carrera docente dedicando más cantidad de horas a la academia, lo que les permite elaborar planes sociales, planes de actualización profesional, escribir literatura técnica, hacer investigación para ampliar los niveles del conocimiento y por supuesto publicarlos.

Las universidades públicas no solo cuentan con mayor cantidad de personal docente sino que mayores condiciones en la infraestructura de edificios y laboratorios. En contraposición de las universidades privadas (52 en total) que compiten por un mercado relativamente pequeño y de escasos recursos económicos.

Sin embargo, en esta competencia se ha visto que, si las universidades quieren ser atractivas, desde el punto de

vista mercadológico, se debe elevar el nivel de la calidad académica y para lograrlo cada vez más las universidades someten carreras a los procesos de acreditación.

Estos procesos han obligado a repensar la organización de las universidades, reforzando sus áreas débiles, y consecuentemente reorganizando las carreras para que cumplan con los requisitos del ente acreditador. Entre otras mejoras están las relacionadas con el personal docente, para el cual se solicita el pago de cursos de actualización, contratación de profesionales con nivel superior al grado, contratación de docentes en jornadas laborales de medio y tiempo completo, además creación de planes de extensión de la escuela a la comunidad, así como profesores dedicados a la investigación en aspectos de la disciplina y su publicación.

Estos cambios, se ven con la esperanza de que sean capaces de enfrentar el cambio tecnológico global y que abran las oportunidades de diálogo que permita hacer verdadera universidad en Costa Rica.

El área de Construcción de la Ingeniería Civil:

“Desde al menos los tiempos del Paleolítico, el hombre ha ido construyendo y, a menudo, cambiando la estructura del mundo físico y natural”<sup>8</sup> (Whitehouse, Ruth y Wilkins, John, 2007, p 125).

Descubrimientos recientes han encontrado colosales estructuras de finales de la última era glacial, plena edad de piedra, en Gobekli Tepe de la Turquía actual, con dataciones de entre 14000 años y 15000 años de antigüedad<sup>9</sup>. Un ejemplo, el templo de Stonehenge en Inglaterra con dataciones de 3800 años a 2000 años a.C<sup>10</sup>, lo cual demuestra que la construcción como arte o disciplina empezó mucho antes de lo que el hombre moderno imagina.

La historia de la construcción contiene la historia del desarrollo humano y sus descubrimientos. Los cambios culturales han sido tan grandes que el concepto de constructor debe de revisarse.

La ingeniería y específicamente la construcción empezaron en su forma más arcaica haciendo cosas utilitarias, construyendo habitáculos para la protección de la familia o del clan, templos cultuales. Por prueba y error se detectaban los mejores materiales para un uso determinado.

---

<sup>8</sup> Whitehouse, Ruth y Wilkins, John, 2007. LOS ORIGENES DE LAS CIVILIZACIONES Arqueología e Historia, Ediciones Folio S.A, Rambla Catalunya, Barcelona. ISBN: 84-413-2320-8

<sup>9</sup> NATIONAL GEOGRAPHIC en español. Volumen 28. Numero 6. Junio de 2001.

<sup>10</sup> NATIONAL GEOGRAPHIC en español. Volumen 22. Número 6. Junio de 2008.

Históricamente se puede ver cómo se pasó del uso de la piedra, del hueso, del marfil, de las ramas, la paja, el barro cocido o no, al uso del bronce, del hierro, a la mezcla de cal con puzolanas, así como a la utilización de la mecánica para la fabricación de artefactos de protección y guerra, se crearon herramientas de construcción como también de utilería doméstica.

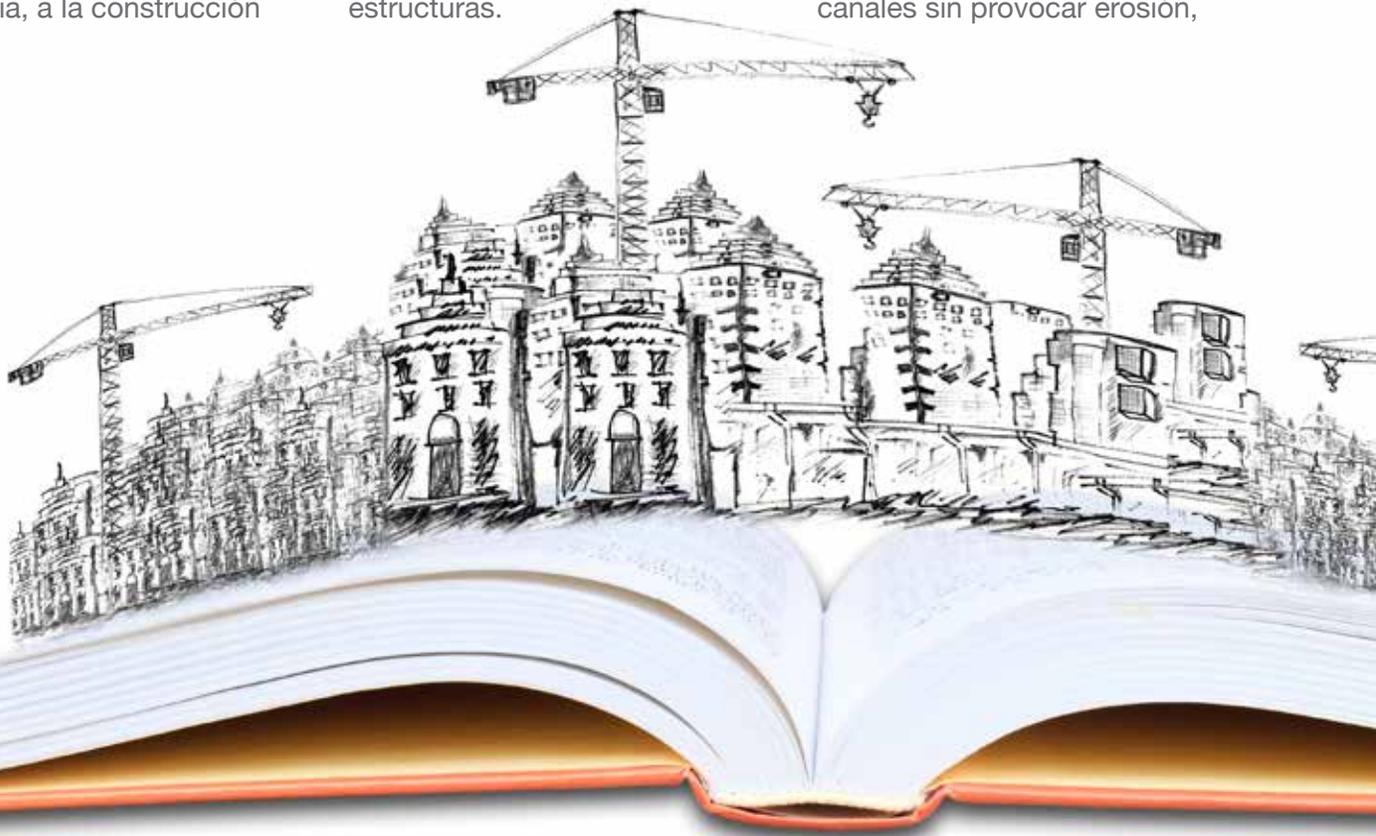
Conforme la humanidad se organizaba en ciudades, crecieron las necesidades de servicios que obligaron a la aparición de los acueductos de agua limpia y acueductos de agua sucia, a la construcción

de puentes, de carreteras, de murallas, indudablemente también estimuladas por las guerras, el comercio y la necesidad de proteger los bienes obtenidos .

Los ingenieros o arquitectos aprendieron intuitivamente de resistencia de materiales, de organización y planeación de la construcción, del costo de la construcción, de capacidad soporte de los suelos, del uso del dibujo como expresión adecuada para hacer las construcciones, es el caso de la geometría descriptiva. También se aprendió a ubicar los mejores emplazamientos para las estructuras.

Se crearon las herramientas básicas de la topografía: niveles, plomadas, ángulos, nace la necesidad de definir unidades de medida, como el caso del codo, del nudo, de unidades de peso.

Se aprendió que ciertas figuras geométricas eran capaces de soportar mayores cargas que otras, tal es el arco o la bóveda. También fue necesario aprender: cual es la mejor manera de unir materiales disímiles, a impermeabilizar superficies, de pesos y contrapesos para poder balancearlos adecuadamente, además a transportar agua en canales sin provocar erosión,



<sup>12</sup> Reglamento de Construcciones dictado por la Ley de Planificación Urbana, promulgada por el INVU (Ley No.4240 de 15 de noviembre de 1968), el Reglamento de Construcciones fue publicado en “La Gaceta” No.56, Alcance No. 17 del 22 de marzo de 1983. Publicado en la Gaceta No 56 Alcance No 17 de 22 de marzo de 1983, reformada en Gaceta No 117 del 22 de junio de 1987. Reformada en sesión No 65 del INVU el 23 de marzo de 1988. Modificado por la jurisdicción constitucional.

<sup>13</sup> Ver regulaciones de SETENA.

también que era necesario preparar las estructuras para que soportaran los embates de la naturaleza como los sismos.

Desde muy antiguo los constructores se juntaron en gremios y se especializaron, hay pruebas de la existencia de dichos gremios entre los Babilonios, en el Antiguo Egipto, en la Grecia antigua, y en todas partes del Imperio Romano y aún más atrás en la historia y prehistoria humana.

Con la aparición de la escritura y de las matemáticas fue posible mejorar aún más en determinar las capacidades de soporte de los materiales, y por lo tanto de las estructuras, fue posible analizar en gabinete el comportamiento de fenómenos que no podían ser entendidos sin estas herramientas, y entonces nace la física, la química, la mecánica y la ciencia tal como la entendemos hoy. Ergo unido a la enseñanza de la ingeniería civil actual van necesariamente unidas las disciplinas: de la matemática, física y química. Dentro de las habilidades que debe observar un ingeniero está la utilización de éstas disciplinas.

La Real Academia de la Lengua Española define el concepto de construcción como: “f. Acción y efecto de construir”.

El Reglamento de Construcciones define: “Construcción: Arte de construir toda estructura que se fija o incorpora en un terreno; incluye obras de edificación, reconstrucción, alteración o ampliación que impliquen permanencia.”<sup>12</sup>

En el área de la construcción convergen todos los conocimientos de la ingeniería civil. No es posible entender a un ingeniero constructor de la actualidad, que no comprenda los principios básicos de todas las otras áreas de la ingeniería, éste profesional debe saber interpretar adecuadamente principios matemáticos, físicos, de la mecánica, de la geotécnica, de la resistencia de materiales, de la hidráulica, del saneamiento, de resultados ecológicamente sustentables<sup>13</sup>, debe además tener grandes dotes de comunicador, de liderazgo, de organizador, de planificador. Debe ser capaz de trabajar en grupo y de organizar grupos, debe conocer y entender los alcances de las leyes laborales, contratación administrativa y privada, ambientales, sanitarias, de seguridad. El ingeniero constructor debe saber controlar, evaluar la economía de los proyectos, tiene que tener la capacidad de adaptarse a situaciones cambiantes y hacer evaluaciones adecuadas en cortísimos plazos.

Se entiende al ingeniero constructor por sus capacidades como constructor de obras de todo tipo. Las áreas de la ingeniería civil llamadas Ingeniería Estructural, Ingeniería de Suelos y Geotécnica,

Ingeniería Sanitaria y Ambiental, etc., llegan a manos del Ingeniero constructor a través de los planos y de las especificaciones del proyecto a construir, en realidad son conocimientos especializados, que mejoran los resultados a las exigencias de la obra, pero toca llevarlas a cabo dentro del entorno técnico y legal al ingeniero constructor.

El código civil costarricense establece un extenso marco de responsabilidades del ingeniero constructor en los artículos 1185 y 1187, de la siguiente forma:

“Artículo 1185: Los arquitectos o empresarios que se hayan encargado por ajuste o no, de la construcción de un edificio o puente, son responsables de su pérdida total o parcial, bien sea que provenga de un vicio de construcción o de uno del suelo, y dura esta responsabilidad cinco años contados desde la recepción de los trabajos. Bastará que el arquitecto haya dirigido los trabajos, para que le sea aplicable lo establecido en este artículo.”

“Artículo 1187: Los arquitectos o empresarios no pueden invocar como excusa para eximirse de la responsabilidad de que se habla en el artículo 1185 el hecho de haber prevenido al propietario de los vicios del suelo, o de los peligros de la construcción o de la mala calidad de los materiales.”

Los planes de estudio actuales consideran que el ingeniero civil en el área de construcción desarrolla sus conocimientos de construcción con los contenidos de las siguientes materias:

Dibujo Gráfico, Dibujo Técnico con CAD, Materiales de Construcción, Construcción I, Construcción II, Construcción III, Tecnologías de la Construcción, Planificación de la Construcción, Conceptos Arquitectónicos para ingenieros, entre otros similares.

Esto implica que el resto de las materias, 51 en promedio, deben llenar los vacíos que éste enfoque induce. Las distintas áreas deben, de alguna manera, enfocar su expertis no solo en la calidad de sus diseños sino en los efectos que éstos tendrán en el proceso de construcción. Lo más preocupante es que los planes de estudio no están enfrentando el cambio tecnológico mundial en que estamos inmersos.

### Conclusiones:

Los indicadores muestran que en muy poco tiempo (15 años máximos) los conceptos de las construcciones tradicionales, muy manuales y artesanales, serán sustituidos por trabajos automatizados. Lo que cambiará el trabajo del ingeniero constructor. Pero también cambiarán las labores del resto de los actuales especialistas ya que los procesos de diseño serán sustituidos por programas de cómputo sumamente potentes que podrán entregar un diseño completo, perfectamente cuantificado y presupuestado con solo ingresarle los datos básicos de la estructura requerida y los datos geotécnicos de su emplazamiento.

La robotización se encargará de la construcción, con una precisión siempre creciente, se cumplirá con todas las normas de estructuras antisísmicas, amigables con el ambiente, seguras ante el fuego, con duración u obsolescencia programada, perfectamente terminadas en todas las actividades, será entonces que la ingeniería se centrará en la investigación para el desarrollo de nuevos materiales que permitan su uso en máquinas automáticas, y por supuesto en el desarrollo de más y mejores robots constructores.

Todo el conocimiento humano estará programado y el que se genere a partir de la prueba y error, de estas nuevas tecnologías, será asumida e integrada a las nuevas generaciones de los robots y sus programaciones.

