

**MARCO DE FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL
ESPECIFICACIONES DE PRUEBA
ECAES INGENIERÍA AMBIENTAL
Versión 6.0**



ACOFI

**ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE
FACULTADES DE INGENIERÍA**

ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO

ORGANIZACIÓN ACADÉMICA

COMITÉ DIRECTIVO DEL PROYECTO

Equipo responsable de proponer las directrices que orienten el marco conceptual para las 15 especialidades de la Ingeniería objeto del proyecto, así como orientar el modelo conceptual de competencias. Su conformación es la siguiente:

Por el Consejo Directivo de ACOFI:

Ing. JAVIER PÁEZ SAAVEDRA

Decano División Ingenierías Universidad del Norte, Barranquilla
Presidente

Ing. ALBERTO OCAMPO VALENCIA

Decano Facultad de Ingeniería Eléctrica Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira
Vicepresidente

Ing. FRANCISCO JAVIER REBOLLEDO MUÑOZ

Decano Académico Facultad de Ingeniería Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá
Vocal

Ing. JULIO ESTEBAN COLMENARES MONTAÑEZ

Decano Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Colombia, Bogotá
Vocal

Ing. CARLOS FELIPE LONDOÑO ÁLVAREZ

Rector Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín
Vocal

Ing. EDUARDO SILVA SÁNCHEZ

Director Ejecutivo ACOFI

Por las Universidades participantes en el Comité:

Ing. ALAIN GAUTHIER SELLER

Decano Facultad de Ingeniería Universidad de los Andes, Bogotá

Ing. JUAN MANUEL BARRAZA BURGOS

Decano Facultad de Ingeniería Universidad del Valle, Cali

GRUPO DE COORDINACIÓN ACADÉMICA GENERAL

Grupo responsable de la orientación técnica del proyecto. Su conformación es la siguiente:

Ing. ÁLVARO ENRIQUE PINILLA SEPÚLVEDA
Universidad de los Andes, Bogotá
Coordinador Académico General

Ing. AMPARO CAMACHO DÍAZ
Universidad del Norte, Barranquilla

Ing. FRANCISCO JAIME MEJÍA GARCÉS
Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín

Ing. FRANCISCO FERNANDO VIVEROS MORENO
Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá

Ing. MAURICIO DUQUE ESCOBAR
Universidad de los Andes, Bogotá

Ing. GERMÁN JAIRO HERNÁNDEZ PÉREZ
Universidad Nacional de Colombia, Bogotá

Mat. EDILBERTO CEPEDA CUERVO
Asesor en Competencias

Ing. JAIME SALAZAR CONTRERAS
Universidad Nacional de Colombia, Bogotá
Coordinador Académico ECAES Ingeniería Agroindustrial, Forestal y Petróleos

EQUIPOS DE EXPERTOS INGENIERÍA AMBIENTAL

Ing. CAMILO GUÁQUETA RODRÍGUEZ
Universidad de la Salle, Bogotá

Ing. LUIS ALEJANDRO CAMACHO BOTERO
Universidad de los Andes, Bogotá

Ing. MARIA DEL PILAR ARROYAVE MAYA
Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín

Bogotá D.C., Julio de 2005

TABLA DE CONTENIDOS

PRESENTACIÓN	4
CAPITULO 1. REFERENCIACIÓN INTERNACIONAL DE LA FORMACIÓN EN EL PROGRAMA ACADÉMICO DE PREGRADO DE INGENIERÍA AMBIENTAL.....	5
CAPITULO 2. CARACTERIZACIÓN DE LA FORMACIÓN EN EL PROGRAMA ACADÉMICO DE PREGRADO EN COLOMBIA EN INGENIERÍA AMBIENTAL.....	9
CAPÍTULO 3. CARACTERIZACIÓN DE ANTECEDENTES Y REFERENTES DE LA EVALUACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL.....	12
CAPITULO 4. DEFINICIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO DE LOS PROGRAMAS ACADÉMICOS DE PREGRADO EN INGENIERÍA AMBIENTAL.....	22
CAPÍTULO 5. DEFINICIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS COMPETENCIAS Y COMPONENTES DEL ECAES EN INGENIERÍA AMBIENTAL	24
CAPÍTULO 6. DEFINICIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES DE PRUEBA PARA LOS PROGRAMAS DE INGENIERÍA AMBIENTAL.....	34
EJEMPLOS	39

PRESENTACIÓN

La Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, ACOFI, comprometida con el Sistema de Aseguramiento de la Calidad que impulsa el Ministerio de Educación Nacional, viene desarrollando, bajo la supervisión del Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior, ICFES, el Contrato 063 de noviembre de 2004. Este contrato tiene como propósito presentar el Marco de Fundamentación Conceptual y Especificaciones de Prueba para los programas de Ingeniería Ambiental del país. De acuerdo con el propósito de estos exámenes establecido en el Decreto 1781 de 2003, se precisa que los ECAES son *“pruebas académicas de carácter oficial y obligatorio y forman parte, con otros procesos y acciones, de un conjunto de instrumentos que el Gobierno Nacional dispone para evaluar la calidad del servicio público educativo”* y, dentro de ese marco, las pruebas deben *“comprobar el grado de desarrollo de las competencias de los estudiantes que cursan el último año de los programas académicos de pregrado que ofrecen las instituciones de educación superior”*.

Este trabajo presenta el Marco de Fundamentación Conceptual y Especificaciones de la Prueba, el cual contiene los siguientes estándares: 1. Referenciación internacional de la formación en el programa académico correspondiente; 2. Caracterización de la formación en el programa académico de pregrado; 3. Caracterización de antecedentes y referentes de la evaluación del programa; 4. Definición del objeto de estudio de los programas; 5. Definición y caracterización de las competencias y componentes que serán evaluados; 6. Definición de las especificaciones de las pruebas.

Se desea destacar el trabajo sobre el tema de competencias, realizado por representantes de la comunidad académica, que es un acercamiento a su conceptualización desde la óptica de la ingeniería y permite una buena aproximación para la construcción de las pruebas ECAES basadas en el modelo de competencias propuestas por el ICFES.

El trabajo conjunto, realizado entre la comunidad académica de los programas de Ingeniería Ambiental, ACOFI y el ICFES, permitirá a la sociedad colombiana conocer e informarse en forma confiable sobre los principales componentes del proceso de formación que reciben los estudiantes de las diferentes facultades y programas de ingeniería del país y de las competencias y componentes sobre los cuales se basan las pruebas ECAES en ingeniería.

Es fundamental reconocer y destacar el trabajo del Grupo de Coordinación Académico y el Equipo de Expertos, conformados para este propósito, los cuales han recogido y analizado la documentación pertinente, cumpliendo con los estándares para el desarrollo del marco de fundamentación conceptual y especificaciones de los exámenes; igualmente, a los profesionales responsables del apoyo administrativo del proyecto.

Bogotá, D.C., Julio de 2005

CAPITULO 1. REFERENCIACIÓN INTERNACIONAL DE LA FORMACIÓN EN EL PROGRAMA ACADÉMICO DE PREGRADO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

La profesión de Ingeniería Ambiental es una profesión reconocida, en forma relativamente reciente, a finales de la década de los años 80. Internacionalmente se reconoce que el campo de acción principal de la profesión de Ingeniería Ambiental es la protección y manejo de recursos atmosféricos, hídricos y energéticos. Los ingenieros ambientales a nivel mundial analizan en forma cuantitativa los cambios ambientales que inevitablemente resultan de las actividades humanas, diseñando estrategias para solucionar o remediar problemas, minimizar impactos y cuantificar y mejorar la calidad del ambiente en sus dimensiones física, i.e. aire, agua, suelo, biótica y social. Se reconoce también que el campo de la ingeniería ambiental es por naturaleza multi-disciplinario combinando principios fundamentales de matemáticas, física, química, termodinámica, mecánica de fluidos, geología y biología con métodos analíticos de tratamiento y control, política pública y legislación ambiental, economía y administración y ciencias sociales. Los ingenieros ambientales practicantes desarrollan equipos, técnicas y metodologías relacionados con problemas ambientales del mundo real.

Con el fin de realizar la referenciación internacional de la formación en ingeniería ambiental se revisaron los perfiles profesionales de ingenieros ambientales y programas curriculares definidos por universidades norteamericanas, canadienses, europeas y suramericanas (ver Tabla 1). La selección de las universidades norteamericanas fue realizada teniendo en cuenta que las carreras de pregrado en ingeniería ambiental fuesen acreditadas por la ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology), organismo que desde 1932 realiza acreditación de los programas en ingeniería de mas de 500 universidades en los Estados Unidos. El resto de universidades se seleccionaron teniendo en cuenta su reconocido prestigio en el área de ingeniería ambiental.

De acuerdo con ABET el currículo de Ingeniería Ambiental debe demostrar suficiencia en matemáticas a través de ecuaciones diferenciales, cálculo, física, química general, ciencias de la tierra (geología, meteorología, suelos), una ciencia biológica (microbiología, biología acuática, toxicología) y mecánica de fluidos. Debe tener un nivel de conocimientos básicos relacionados con el agua, aire, suelo y los impactos ambientales asociados; la habilidad para conducir experimentos de laboratorio y analizar críticamente e interpretar datos en áreas como agua, aire, suelos y salud ambiental; la habilidad para desempeñarse en diseño ingenieril y el entendimiento de los procesos de la práctica profesional y del papel y las responsabilidades de las instituciones públicas y privadas pertinentes a la Ingeniería Ambiental.

Se consultaron en Internet los perfiles y programas curriculares de algunas universidades reconocidas en América. La información de las universidades seleccionadas se agrupó por áreas de estudio y se elaboró la tabla comparativa No 1.

TABLA 1. CONTENIDOS CURRICULARES DE UNIVERSIDADES EN EL CONTINENTE AMERICANO

	CALIFORNIA POLYTECHNIC STATE UNIVERSITY	FLORIDA UNIVERSITY	GEORGIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY	MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY	NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY	NORTHWESTERN UNIVERSITY	STANFORD UNIVERSITY	UNIVERSITY OF ILLINOIS URBANA CHAMPAIN	JONHS HOPKINS UNIVERSITY	UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TEMUCO (CHILE)	UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO (MEXICO)
Control de la contaminación atmosférica	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	
Medición de la calidad del aire	X											
Contaminación atmosférica	X							X		X		
Control automática de procesos	X											
Control de sistemas ambientales		X			X			X				
Procesos Biológicos		X	X			X	X	X	X	X		
CAD	X		X									X
Sistemas de Ingeniería Civil			X		X							
Procesos Químicos		X			X	X	X	X	X			
Procesos Físicos								X			X	
Conceptos y métodos en ingeniería		X	X		X							
Mecánica dinámica		X	X		X		X					
Mecánica estática		X	X		X			X				
Materiales	X	X	X		X		X			X		
Diseño de procesos en Ing. Ambiental		X	X		X	X	X		X	X	X	
Diseño avanzado de sistemas	X											
Estudios de Impacto Ambiental						X	X				X	X
Legislación y política ambiental								X	X	X	X	X
Análisis de política pública				X		X			X	X	X	X
Mecánica de fluidos		X	X	X		X	X		X	X		
Procesos de transporte de fluidos				X		X						
Mecánica de fluidos		X										
Fundamentos de ecología				X		X			X	X	X	X
Fundamentos de ingeniería de transportes	X		X									
Ingeniería de suelos	X						X	X		X	X	X
Geotecnia ambiental			X								X	X
Hidráulica		X	X		X			X			X	X
Hidrología	X	X	X		X	X		X		X	X	X
Introd. a Ingeniería Ambiental	X	X		X	X	X	X		X	X		
Manejo de residuos peligrosos	X	X	X	X		X		X	X	X		
Operaciones de transferencia de masa	X								X		X	X
Control de ruidos y vibraciones	X											
Proyecto Profesional	X	X	X	X	X	X		X	X			
Manejo de residuos sólidos	X				X			X	X	X	X	X
Termodinámica	X	X		X	X	X	X					
Diseño de plantas de tratamiento de agua potable y residual	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
Mediciones de calidad del agua	X		X									
Recursos Hídricos	X				X		X					
Cálculo I,II,III y IV	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X
Computación	X		X	X	X		X	X	X			X
Ecuaciones diferenciales	X	X	X	X	X	X						
Economía		X	X			X	X	X	X	X		
Biología General	X			X	X	X		X		X	X	X
Química General	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
Física General	X	X	X	X	X	X	X	X				X
Química orgánica	X				X	X	X	X	X	X	X	X
Probabilidad y estadística para Ingenieros		X	X		X	X	X				X	X
Microbiología Ambiental								X	X		X	X
Geociencias												
Seminario en Ingeniería Ambiental								X	X			
Química Ambiental						X						
Estequiometría												
Economía Ambiental	X	X		X	X	X	X	X			X	X

Se encontró que la mayoría de los programas están enfocados hacia el diseño de soluciones técnicas para la prevención y control de contaminación del agua, del suelo y del aire, así como al manejo de residuos sólidos. En general el énfasis de los planes de estudio considerados, en el área social y de gestión ambiental, es menor que el énfasis dado al área técnica.

Adicionalmente, se consultó la información disponible en Internet sobre algunas universidades en España tales como la Universidad Politécnica de Madrid, la Universidad Autónoma de Madrid y la Universidad de León. En estas instituciones se otorga el título de Licenciado en Ciencias Ambientales y el perfil profesional está dirigido hacia la gestión, prevención y control del deterioro ambiental originado por las actividades humanas. La formación se brinda en los campos científico, técnico y social. Se incluye el diagnóstico del estado de los recursos naturales, la evaluación del impacto ambiental y el diseño de sistemas de tratamiento.

Algunas de las asignaturas comunes a los programas analizados son las siguientes:

- Cálculo
- Física
- Química
- Biología
- Ecología
- Termodinámica
- Probabilidad y Estadística
- Mecánica de fluidos
- Hidráulica
- Hidrología
- Contaminación hídrica y tratamiento de aguas
- Contaminación atmosférica y control
- Manejo de residuos sólidos
- Manejo de residuos peligrosos

Los programas analizados tienen cursos obligatorios o electivos en el área de gestión ambiental tales como evaluación y auditorías, legislación ambiental, administración de recursos naturales y política pública, y estudios de impacto ambiental, entre otros.

Varios programas como el de Massachusetts Institute Technology, permiten opciones de profundización al final de la carrera en las líneas de agua y/o aire y/o residuos. El estudiante puede especializarse tomando las asignaturas correspondientes de una o dos líneas de estudio.

BIBLIOGRAFÍA

ACCREDITATION BOARD FOR ENGINEERING AND TECHNOLOGY, "Criteria for accrediting engineering programs during the 2004-2005 accreditation Cycle", <http://www.abet.org>. 2004

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY. www.mit.edu

CAPITULO 2. CARACTERIZACIÓN DE LA FORMACIÓN EN EL PROGRAMA ACADÉMICO DE PREGRADO EN COLOMBIA EN INGENIERÍA AMBIENTAL

Según la recopilación realizada por ACOFI en 2003, en Colombia existen en total 35 instituciones universitarias que ofrecen el programa de Ingeniería Ambiental y otras denominaciones afines que comparten áreas y asignaturas. La Tabla 2 resume los programas y el número de instituciones que lo ofrecen.

TABLA 2. PROGRAMAS DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y AFINES EN COLOMBIA

PROGRAMA	NÚMERO DE INSTITUCIONES
Ingeniería Ambiental	19
Ingeniería Ambiental y de Saneamiento	1
Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales	1
Ingeniería Ambiental y Sanitaria	4
Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente	1
Ingeniería de Saneamiento y Desarrollo ambiental	1
Ingeniería Geográfica y Ambiental	1
Ingeniería del Medio Ambiente	1
Ingeniería Sanitaria	3
Ingeniería Sanitaria y Ambiental	3

A continuación se presenta el perfil profesional que comparten, en general, los programas de Ingeniería Ambiental y afines en Colombia. Esta información se obtuvo de las páginas Web de cada Institución.

Perfil profesional del Ingeniero Ambiental:

- Planeación y desarrollo de alternativas que propendan por el uso sostenible de los recursos naturales.
- Caracterización, interpretación y evaluación del estado de los recursos naturales.
- Diseño de medidas técnicas para la prevención y control de contaminación y deterioro de los recursos agua, suelo y aire, que sean viables social, técnica, económica y ambientalmente.
- Identificación y valoración de impactos ambientales causados por los proyectos de desarrollo y las actividades humanas.
- Orientación de procesos de producción limpia y ecoeficiente.
- Planeación, diseño y administración de las siguientes obras y proyectos: tratamiento y distribución de agua potable; recolección, tratamiento y disposición de aguas

residuales; sistemas de control de la contaminación atmosférica y recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos.

Los programas orientados hacia la Ingeniería Sanitaria hacen énfasis en aspectos de saneamiento básico tales como el diseño, construcción, supervisión técnica, puesta en marcha, operación y el mantenimiento de los sistemas de acueducto y alcantarillado, de equipos de medición y control de contaminación atmosférica y sistemas de disposición de residuos sólidos. El área de Gestión Ambiental está contenida sólo en algunos de estos programas. La estructura de los planes de estudio se puede agrupar en las siguientes áreas y asignaturas, la mayoría de ellas comunes a la denominación de Ingeniería Ambiental específicamente.

Ciencias básicas:

- Matemáticas: Cálculo diferencial, Cálculo integral, Cálculo vectorial, Álgebra lineal y Ecuaciones diferenciales
- Física: Estática y Dinámica
- Química: Química inorgánica, Química orgánica y Fisicoquímica
- Biología: Biología general, Microbiología y Ecología

Ciencias básicas de la Ingeniería:

- Expresión gráfica
- Climatología
- Hidrología
- Mecánica de Fluidos
- Hidráulica
- Informática
- Probabilidad y Estadística

Ciencias aplicadas de la Ingeniería Ambiental:

- Calidad del agua
- Tratamiento de agua
- Calidad del aire
- Tratamiento del aire
- Suelos y Geología Ambiental
- Residuos sólidos
- Evaluación y manejo ambiental
- Sistemas de Gestión Ambiental
- Legislación Ambiental

Formación complementaria:

- Expresión oral y escrita
- Sociología

- Ciencias sociales básicas
- Participación comunitaria
- Economía
- Preparación y evaluación de proyectos
- Administración

Cada institución tiene consideradas en su plan de estudios asignaturas electivas; sin embargo en la información disponible en la página Web de las instituciones no se especifica el nombre de estas asignaturas.

BIBLIOGRAFÍA

ACOFI. Contenidos Programáticos Básicos para Ingeniería, Primera Versión. Bogotá. 2004.

ACOFI. Programas de Ingeniería en Colombia. Tercera versión. Bogotá. 157 p. 2003.

ACOFI - ICFES. Actualización y modernización del currículo de Ingeniería Ambiental. Bogotá. 50 p. 1999.

CAPÍTULO 3. CARACTERIZACIÓN DE ANTECEDENTES Y REFERENTES DE LA EVALUACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL

Este capítulo describe en algún detalle, información relativa a evaluaciones similares a los Exámenes ECAES en Ingeniería, realizadas en Estados Unidos con el Examen de Fundamentos de Ingeniería (FE); en un primer caso se resume la experiencia de los ECAES en ingeniería en Colombia. En cada caso se describen sus objetivos generales y particulares, aspectos prácticos de la aplicación masiva de cada uno de estos exámenes, y se incluyen las especificaciones y contenidos referenciales de estas pruebas en Ingeniería.

Esta información ha servido para analizar las experiencias en el manejo de estas evaluaciones, y ha permitido adaptar algunos conceptos para la construcción de la presente propuesta de evaluación por competencias de los ECAES en el futuro.

EXAMEN ECAES EN INGENIERÍA EN COLOMBIA

Entre el año 1998 y 2000, la Asociación Colombiana de Ingenieros Eléctricos y Mecánicos, ACIEM con el apoyo del Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior, ICFES, desarrolló el Proyecto "*Exámenes para Ingenieros*", el cual culminó con la aplicación piloto de los Exámenes de Calidad de la Educación Superior en Ingeniería Mecánica en el año 2001. En esta primera aplicación, se evaluaron cerca de 1000 estudiantes de último año de los programas de Ingeniería Mecánica del país.

Para en el año 2002, la aplicación de ECAES se extendió a otros programas, como Medicina y Derecho y en 2003, se aplicó a 26 pregrados. Se espera que para 2005, la aplicación de ECAES se amplíe a 46 programas de pregrado en Colombia.

Experiencia de ingeniería Mecánica

En lo que respecta a los ECAES en Ingeniería Mecánica, el ICFES, con el apoyo académico de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, ACOFI, convocó a la comunidad académica, para el desarrollo y refinamiento de los ECAES, facilitando, así, una amplia participación de profesores en el diseño de las pruebas de evaluación de la calidad.

Las actividades conducentes al desarrollo de instrumentos de evaluación adecuados, fueron:

- ✓ Refinamiento y desarrollo de acuerdos académicos en las Especificaciones y Estructura del Examen, detallando los contenidos básicos por áreas y subareas de conocimiento en la formación de Ingenieros mecánicos.
- ✓ Definición de la población objetivo a quien va dirigida la prueba y de los dominios del conocimiento ha ser evaluados.
- ✓ Tipos de preguntas que constituyen la prueba
- ✓ Elaboración de preguntas por parte de Profesores de las universidades del país
- ✓ Talleres de Revisión, Aprobación y Juicio de expertos sobre las preguntas que pueden constituir el examen

- ✓ Ensamble de las pruebas
- ✓ Desarrollo de documentos guía a los estudiantes para la preparación del examen y difusión de las especificaciones.
- ✓ Aplicación de la Prueba
- ✓ Análisis de Resultados y difusión a la comunidad académica

Los exámenes desarrollados en Ingeniería Mecánica hacen especial énfasis en la evaluación de los conceptos básicos, de cada una de las áreas evaluadas, concediendo menor relevancia a la solución numérica de problemas de Ingeniería.

Para el año 2002 se recibieron aproximadamente 1500 preguntas, construidas por 125 docentes de 15 programas de Ingeniería Mecánica de todo el país.

El proceso general de elaboración de los ECAES ha constituido un valioso y exitoso ejercicio interinstitucional – académico, y con la información que se obtuvo se enriqueció enormemente el texto de las especificaciones del mismo.

El ECAES –2002 para Ingeniería Mecánica se estructuró en dos campos: Formación Básica y Formación Profesional. El primer campo incluyó las áreas de Matemáticas, Física, Química y Humanidades; mientras que, el campo de Formación Profesional consideró los contenidos de Termodinámica y Fluidos, Materiales de Ingeniería, Procesos de Manufactura, Diseño de Maquinas, un área Interdisciplinaria y otra de Pensamiento Crítico. Los procesos de pensamiento que se incluyeron en la evaluación del conocimiento son el recuerdo, la comprensión, la aplicación y el análisis. Las preguntas que comprendieron el examen fueron de tres tipos: Selección Múltiple-Única Respuesta, Selección Múltiple-Múltiple Respuesta y de Análisis de Relación.

El ECAES - 2002 en Ingeniería Mecánica se aplicó a 1500 estudiantes de último año. El examen consistió de 120 preguntas, en una jornada de 8 horas, divididas en la sesión de la mañana y tarde, cada una de 4 horas. Los resultados emitidos por el ICFES fueron entregados de manera individual a los estudiantes y de manera global a cada institución con los resultados de sus estudiantes, discriminados en cada una de las áreas de conocimiento evaluadas.

Experiencia en otras denominaciones

Para las versiones del ECAES de 2003 y 2004, el Estado a través del ICFES decidió ampliar la aplicación de los exámenes a 15 especialidades de Ingeniería, las cuales fueron:

- ✓ Ingeniería Agrícola
- ✓ Ingeniería Alimentos
- ✓ Ingeniería Ambiental
- ✓ Ingeniería Civil
- ✓ Ingeniería Eléctrica
- ✓ Ingeniería Electrónica
- ✓ Ingeniería Geológica

- ✓ Ingeniería Industrial
- ✓ Ingeniería Materiales
- ✓ Ingeniería Mecánica
- ✓ Ingeniería Metalúrgica
- ✓ Ingeniería de Minas
- ✓ Ingeniería Química
- ✓ Ingeniería de Sistemas
- ✓ Ingeniería Telecomunicaciones

El ICFES estableció un nuevo convenio con ACOFI, el cual se basó en la replica de la experiencia adquirida en el desarrollo de los ECAES en Ingeniería Mecánica de años anteriores. Las versiones de ECAES de las 15 especialidades de Ingeniería para ser aplicadas en 2003 y 2004 fueron elaboradas entre Febrero y Septiembre de 2003.

La estructura de las pruebas, se basó en el trabajo realizado por un Comité Académico Ad-hoc, en el cual participaron directivos y profesores de los programas de ingeniería del país.

Para el desarrollo de las especificaciones de cada especialidad de Ingeniería, se realizó una exhaustiva revisión por parte de la comunidad académica, en reuniones con directores y decanos de las especialidades. Éstas fueron sometidas a los ajustes pertinentes, y se encuentran disponibles para ser discutidas permanentemente por la comunidad académica.

Para desarrollar el proceso de la construcción de preguntas, ACOFI realizó talleres regionales. El objetivo principal de estos talleres fue entrenar profesores de todo el país en aspectos básicos de construcción de preguntas. Como resultado, se recibió el aporte de cerca de 15.000 preguntas de 1.200 profesores de las universidades colombianas.

Con un equipo de cerca de 300 profesores de ingeniería, se revisaron las preguntas recibidas y con el aporte de un grupo de psicólogos se aprobaron 3.500 preguntas, que constituyeron los instrumentos de prueba de los ECAES 2003 y 2004.

Los ECAES en Ingeniería preservan la estructura original dispuesta en la experiencia de Ingeniería Mecánica de años anteriores, consistente en: exámenes de 120 preguntas, 3 tipos de preguntas, 4 procesos de pensamiento evaluados y 2 sesiones de 4 horas de aplicación del examen.

APLICACIÓN DE ECAES EN INGENIERÍA – 2003

Hacia finales de Noviembre 2003, se aplicó el ECAES – INGENIERÍA –2003 a 28.588 estudiantes de último año de 15 especialidades de Ingeniería de todo el país. La tabla 3 indica el número de estudiantes evaluados para cada especialidad.

TABLA 3. COBERTURA ECAES - INGENIERÍA - 2003

Especialidad	Estudiantes
Ingeniería de Sistemas	8,332
Ingeniería Industrial	5,674
Ingeniería Electrónica	3,648
Ingeniería Civil	3,593
Ingeniería Ambiental	2,110
Ingeniería Mecánica	1,575
Ingeniería Química	1,073
Ingeniería de Alimentos	636
Ingeniería Eléctrica	793
Ingeniería de Telecomunicaciones	426
Ingeniería Agrícola	222
Ingeniería de Minas	208
Ingeniería Metalúrgica	122
Ingeniería Geológica	114
Ingeniería de Materiales	62
TOTAL	28,588

Note que cerca del 50% de los estudiantes evaluados pertenecen a los programas de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Industrial.

Los estudiantes evaluados pertenecen a 344 programas de Pregrado en Ingeniería provenientes de 80 universidades del país.

Como decisión de la comunidad académica, se logró que cerca del 45% del examen fuera común (las mismas preguntas) a todas las especialidades de Ingeniería, en las áreas de Matemáticas, Física, Humanidades y Económico-Administrativa, y entre algunas especialidades, áreas comunes como Química, Biología, Ciencias de la Tierra.

La figura 1 resume los resultados generales de los ECAES-2003 en Ingeniería, en lo que respecta a valores promedio de respuestas acertadas de un total de 120 preguntas, contra la correspondiente desviación estándar de preguntas acertadas de todos los estudiantes evaluados en cada especialidad de Ingeniería.

Los ECAES resultaron de mediana dificultad y con un alto nivel de confiabilidad, de acuerdo a la teoría y el análisis clásico de ítem.

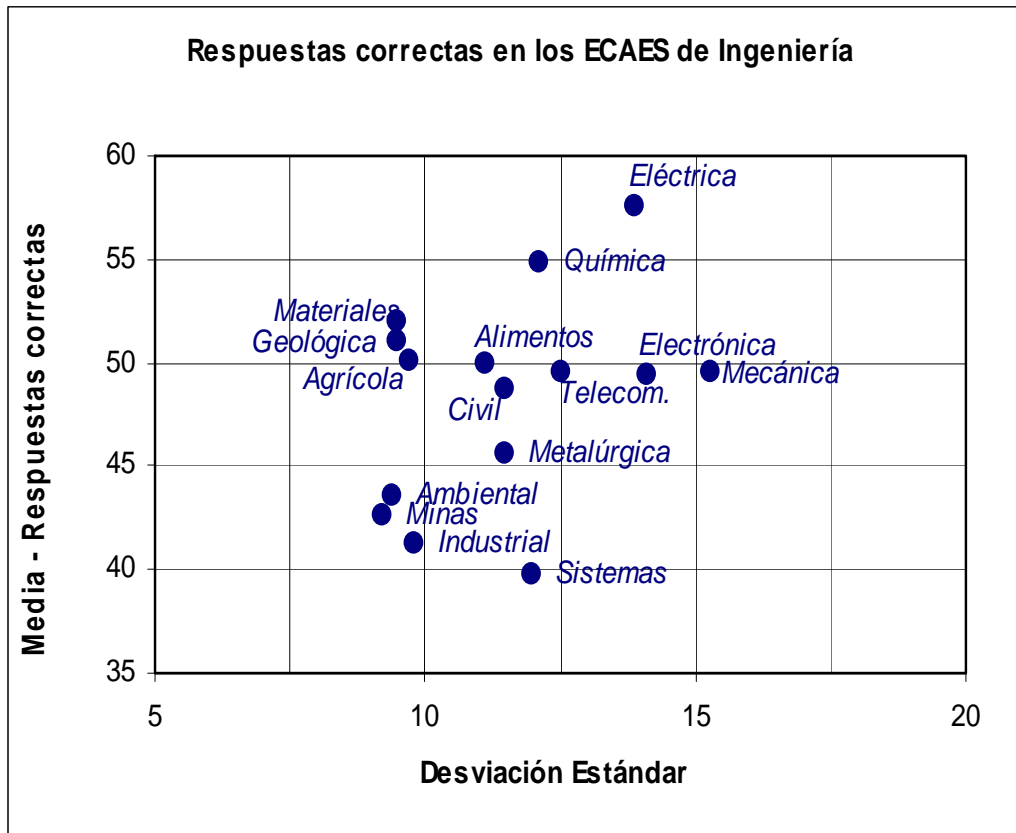


FIGURA 1. RESULTADOS GENERALES ECAES - INGENIERÍA – 2003

ECAES EN INGENIERÍA AMBIENTAL

Este examen fue presentado por 2110 estudiantes de Ingeniería Ambiental, pertenecientes a 31 programas de pregrado de todo el país.

La calificación final del examen se realizó sobre 119 preguntas, el valor promedio de preguntas acertadas fue de 44 (37%) y la desviación estándar de 9.4 (8%) El estudiante con más alto puntaje respondió 87 preguntas acertadas y el de más bajo puntaje respondió 19 preguntas acertadas. Los resultados fueron presentados a la comunidad académica, clasificando a los estudiantes en tres grupos, de acuerdo a su rendimiento en el ECAES con respecto al número de preguntas acertadas en la prueba, así:

Grupo de Bajo rendimiento: estudiantes que respondieron entre 18 y 38 preguntas acertadas (642 estudiantes)

Grupo de Mediano Rendimiento: estudiantes que respondieron entre 38 y 58 preguntas acertadas (807 estudiantes)

Grupo de Alto Rendimiento: estudiantes que respondieron entre 58 y 102 preguntas acertadas (661 estudiantes)

EXAMEN DE FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA EN ESTADOS UNIDOS

La entidad encargada de evaluar Ingenieros y Topógrafos en Estados Unidos es el Consejo Nacional de Evaluadores de Ingeniería y Topografía (National Council of Examiners for Engineering and Surveying-NCEES). Este consejo maneja la valoración profesional de los ingenieros a través de exámenes. Estos exámenes se aplican por primera vez en 1965, y en la actualidad están siendo estudiados por algunos otros países como herramienta de evaluación de la calidad de los Ingenieros.

El acta profesional del NCEES tiene como premisa fundamental: "*salvaguardar y proteger la vida, salud, propiedad y bienestar público de la comunidad*", la cual se puede ver afectada por la practica profesional del ingeniero. Esta acta es la que fundamenta la reglamentación estatal de la práctica de Ingeniería en los Estados Unidos.

Los Exámenes para Ingenieros Profesionales no deben ser entendidos como un elemento aislado de evaluación de la calidad profesional de un individuo, y es por esto, que los exámenes están enmarcados en un contexto más amplio y no simplemente un requisito único para validar la tarjeta profesional. Ya en muchos países, se ha entendido el problema y éste, se debe interpretar, como que la sociedad es la encargada de verificar la calidad profesional y no delegar esta responsabilidad exclusivamente a las instituciones educativas. Es por esto que para verificar la calidad se evalúan tres niveles de competencia independientes como son: *La Educación, La experiencia profesional* y por ultimo el *Licenciamiento*. En un futuro no muy lejano se deberá evaluar, además, un cuarto elemento como es el dominio de una segunda lengua.

La acreditación en la educación: se logra evaluando los programas de pregrado en las universidades; observándose entre muchos otros parámetros, el logro académico de los profesores del programa, las calidades de los mismos y la evaluación de los recursos disponibles para educar, etc.

En el caso de los Estados Unidos esta valoración es realizada por la Junta de Acreditación para Ingeniería y Tecnología (Accreditation Board for Engineering and Technology-ABET), que cuenta con 65 años de experiencia acreditando programas de pregrado en Ingeniería. Para mencionar otro ejemplo, ya en México se creó y es operativo el Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería - (CACEI), en Argentina existe el Consejo Nacional para Evaluación y Acreditación de Universidades (CONEAU), en Inglaterra el Engineering Council y en la Unión Europea la Federación Europea de las Asociaciones Nacionales de Ingeniería (FEANI). Consecuentes con la globalización, se están preparando acuerdos y acciones multinacionales de reconocimiento mutuo, como son el Washington Accord, FEANI, TLC, APEC y el Hong Kong Working Party, con miras al establecimiento de esquemas de verificación mutua de los procesos de acreditación aplicables a cada país, antes que la creación de una agencia internacional acreditadora de programas de ingeniería. Adicionalmente, estos acuerdos van guiados hacia el reconocimiento de las credenciales profesionales del ingeniero para practicar la Ingeniería en otro país signatario.

Experiencia Profesional: Se debe entender como la valoración de la capacidad del ingeniero en ejercicio. Indudablemente que este estándar depende fundamentalmente de la educación recibida por parte del individuo que egresa de la universidad a sus 23 ó 26 años de edad. En algunos países, esta valoración se realiza con la participación de ingenieros con mayor experiencia profesional (generalmente han alcanzado ya el reconocimiento de la sociedad para practicar ingeniería bajo responsabilidad) que tutelan durante por lo menos 4 años la practica profesional del joven ingeniero. Al final de este periodo, los ingenieros profesionales avalan la capacidad del ingeniero y lo presentan para que se someta a los exámenes profesionales ante la correspondiente autoridad (generalmente la Asociación de Protección del Consumidor) que emite la licencia profesional.

Licenciamiento Profesional: En el caso particular de los Estados Unidos, el NCEES administra los exámenes profesionales, con el apoyo y supervisión de las sociedades y agremiaciones de ingenieros como la ASME, IEEE, ASCE, etc. El examen para licenciamiento consiste de tres partes. La primera es un examen FE (*Fundamentos de Ingeniería*), el cual el joven egresado de cualquier universidad se presenta ante el Estado en donde desea ejercer su profesión.

El examen FE tiene como propósito evaluar en los jóvenes ingenieros si han adquirido un entendimiento adecuado de ciencias básicas y de ingeniería y si el candidato a la licencia profesional de ingeniero tiene la habilidad de aplicar estos conocimientos para la solución de problemas de ingeniería. El examen está diseñado para evaluar a nivel individual, conocimientos, las habilidades y las destrezas en: Ciencias básicas, matemáticas, ciencias de ingeniería y elementos de análisis financiero; además de evaluar conocimientos, destrezas y habilidades de tópicos específicos de cada disciplina que normalmente se cubren en los últimos dos años de su formación académica como Ingeniero. El examen permite entonces, identificar aquellos estudiantes que demuestran un nivel aceptable de competencias en estos tópicos específicos de su disciplina, al tiempo que sirve como herramienta de evaluación global de programas de pregrado.

Este examen tiene una duración de ocho horas y consta de ciento ochenta (180) preguntas de selección múltiple que cubren todos los aspectos de la profesión. La sesión (AM) en las horas de la mañana (4 horas) es de conocimientos básicos de Ingeniería y es COMÚN para todos los ingenieros y consiste de 120 preguntas, cada una de ellas con un valor de un punto y en la sesión de la tarde (PM), se aplican 60 preguntas con valoración de dos puntos cada una y, se cubren aspectos específicos de cada Ingeniería evaluada. El FE evalúa las carreras de Ingeniería Eléctrica, Civil, Mecánica, Industrial, Química, Ambiental y cuenta con una sesión General para las otras disciplinas de Ingeniería. Generalmente ocurre que aquellos egresados de instituciones acreditadas por ABET, aprueban dicho examen con una tasa de éxito promedio del 65% y aquellas universidades que no son acreditadas, sus egresados tienen un comportamiento pobre en su aprobación (tasas de éxito por debajo del 25%)

La tabla 4 ilustra las especificaciones del examen FE en las áreas de conocimientos evaluadas en la sesión de la mañana (AM)

La tabla 5 ilustra las especificaciones del examen FE aplicado en las horas de la tarde.

TABLA 4 – ESPECIFICACIONES DE LA SESIÓN DE LA MAÑANA DEL EXAMEN FUNDAMENTALS OF ENGINEERING (120 PREGUNTAS)

Tema	% de Preguntas	Tema	% de Preguntas
Química	9	Ciencias de Materiales	7
Computación	7	Matemáticas	20
Dinámica	10	Mecánica de Materiales	7
Circuitos Eléctricos	10	Estática	10
Mecánica de Fluidos	7	Termodinámica	9
Ingeniería Económica	4	TOTAL	100

QUIMICA

Bases y Acidos
Equilibrio
Ecuaciones
Química Inorgánica
Cinética
Metales y No Metales
Química Orgánica
Oxidación
Reducción
Estado de la Materia
Soluciones
Estequiometría

COMPUTACION

Algoritmos
Hoja de cálculo
Seudo código
Transmisión Almacenamiento de Datos

DINAMICA

Fuerza, Masa y Aceleración
Fricción
Impulso y Momentum
Cinemática
Trabajo y Energía
Vibraciones

CIRCUITOS ELECTRICOS

Circuitos AC
Aplicaciones de diodos
Circuitos DC
Campo Eléctrico y Magnético
Capitancia e Inductancia
Transformadores ideales
Transformada de Fourier y Laplace

INGENIERIA ECONOMICA

Costo Anual
Análisis de Punto de Equilibrio
Análisis Beneficio Costo
Valor Futuro
Valor Presente Neto
Devaluación & Depreciación

MECANICA DE FLUIDOS

Medición de flujo
Propiedades de los fluidos
Hidrostática
Impulso y Momentum
Tubería y flujos internos
Similitud y Análisis dimensional

CIENCIAS DE MATERIALES

Estructura Atómica
Cristalografía
Corrosión
Difusión
Materiales
Diagramas de Fase
Propiedades
Procesamiento y Pruebas

MATEMATICAS

Geometría Analítica
Ecuaciones Diferenciales
Cálculo Diferencial
Cálculo Integral
Álgebra Lineal
Transformada de Laplace
Probabilidad y Estadística
Raíces de Ecuaciones Análisis Vectorial

MECANICA DE MATERIALES

Vigas
Flexión
Columnas
Corte
Esfuerzo y Deformación
Tensión y Compresión
Torsión

ESTATICA

Equilibrio en 2 dimensiones
Equilibrio en 3 dimensiones
Centroide de Area
Sistemas de Fuerzas
Concurrentes
Momentos de Inercia
Fuerzas

TERMODINAMICA

Primera Ley
Segunda Ley
Disponibilidad y Reversibilidad
Ciclos
Energía, Calor & Trabajo
Gases Ideales
Cambio de Fase
Propiedades: Entalpía, Entropía, energía libre
Procesos Termodinámicos

ETICA

Relaciones con Clientes
Relaciones con Pares
Relaciones públicas

TABLA 5 – ESPECIFICACIONES DE LA SESIÓN DE LA TARDE DEL EXAMEN FUNDAMENTALS OF ENGINEERING (60 PREGUNTAS)

AMBIENTAL

Area Profesional	% de Preguntas
Recursos Hidricos	25
Ingenieria del Agua y Desperdicios	30
Calidad del Aire	15
Residuos Solidos y Peligrosos	15
Ciencias Ambientales	15

Los resultados del FE por áreas de conocimientos son discriminados y enviados a las respectivas universidades, para que se corrijan deficiencias en los correspondientes programas de pregrado. Obsérvese que esta última fase cierra el círculo en lo que respecta a la calidad de los programas de pregrado, ya que esta información se hace pública.

La segunda parte del examen lo puede presentar el ingeniero, después de aprobar el primer examen de Fundamentos de Ingeniería y acreditar cuatro años de experiencia profesional. El examen PE es de 80 preguntas de selección múltiple en áreas profesionales de Ingeniería, con duración de ocho horas.

Un tercer requisito para la obtención de la licencia profesional o el reconocimiento P.E. (Professional Engineer), se logra a través de un examen que se desarrolla, en casa, durante un mes y en el cual el ingeniero demuestra conocimiento de la responsabilidad ética, legal y profesional ante la sociedad de la práctica de la ingeniería.

Una vez obtenida la licencia profesional o P.E., el ingeniero tiene que renovarla cada tres años, demostrando que se mantiene activo y actualizado en la profesión correspondiente, a través de diversos mecanismos.

Vale la pena mencionar que en algunos países se están adoptando sistemas similares en lo que respecta a aquellos tres componentes de valoración de la calidad de los profesionales.

CONCLUSIONES DE LA EVALUACIÓN DE INGENIEROS

La estructura general de evaluación de ingenieros ambientales en Estados Unidos y Colombia es similar, con exámenes de selección múltiple, de 8 a 12 horas de duración, y entre 120 y 220 preguntas. Igualmente, y no es de extrañarse que tanto las especificaciones de prueba como los contenidos referenciales evaluados sean los tradicionales y corresponden a la preparación académica general del Ingeniero Ambiental, por el carácter universal de la profesión.

Se debe reconocer que la experiencia colombiana en la evaluación de ingenieros ambientales ha sido enriquecedora y ha servido a la comunidad académica para evolucionar y aplicar políticas de mejoramiento de la calidad en la formación de ingenieros ambientales, y sobre la cual se construye esta propuesta ECAES para 2005-2006.

ACOFI ha realizado los contactos iniciales con el Centro Nacional de Evaluación (CENEVAL) de México, INEP de Brasil y Educational Testing Service de Estados Unidos para compartir y aprender de las experiencias adquiridas; además de considerar la posibilidad que en futuras aplicaciones de los respectivos exámenes se puedan compartir bloques de preguntas y así iniciar las acciones que correspondan para que los exámenes de evaluación de ingenieros empiecen a tener un carácter internacional y por qué no, para que sea aplicado a otros países de la región.

BIBLIOGRAFÍA

ACOFI, Memorias del Seminario Internacional: Compromiso de la Evaluación Objetiva con el Mejoramiento de la Calidad de la Educación Superior, Bogotá, Enero 27-30 de 2004

ICFES - ACOFI, Especificaciones del Examen de Estado de Calidad de la Educación Superior (ECAES) en Ingeniería Mecánica 2002-2003, Bogotá, Septiembre de 2002 – Mayo 2003 (Editado por: Álvaro Pinilla)

ICFES - ACOFI, Especificaciones del Examen de Estado de Calidad de la Educación Superior (ECAES) en Ingeniería Ambiental 2003-2004, Bogotá, Agosto de 2003

NATIONAL COUNCIL OF EXAMINERS FOR ENGINEERING AND SURVEYING (NCEES), Fundamentals of Engineering (FE), Sample Questions, First Edition, 1996, Clemson, SC, Estados Unidos

NATIONAL COUNCIL OF EXAMINERS FOR ENGINEERING AND SURVEYING (NCEES), Fundamentals of Engineering (FE), Reference Handbook, Fourth Printing, 1996, Clemson, SC, Estados Unidos

PINILLA, A., SILVA, E., GONZÁLEZ, L.: Presentación de Resultados - Informe Final de Exámenes de Estado de la Calidad de la Educación Superior – ECAES Ingeniería – 2003, Contrato ICFES – ACOFI, Febrero 2004. Bogotá, Colombia

CAPITULO 4. DEFINICIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO DE LOS PROGRAMAS ACADÉMICOS DE PREGRADO EN INGENIERÍA AMBIENTAL

OBJETO DE LA PROFESIÓN

Con base en la información recopilada sobre el perfil profesional de los programas de Ingeniería Ambiental y afines, tanto en el ámbito internacional como en el nacional, desarrollada en los capítulos 1 y 2 del presente documento, se puede definir el objeto del programa como: El diseño, implementación y seguimiento de las medidas técnicas y de gestión para la prevención y solución de problemas de contaminación y deterioro ambiental, así como la evaluación del estado los recursos naturales y la planeación de su uso sostenible para el bienestar social.

El objeto de estudio del Ingeniero ambiental es el medio ambiente, el cual comprende las interacciones entre el medio natural y el medio humano. El medio natural incluye los recursos físicos (agua, suelo y aire) y los recursos bióticos (flora, fauna y microorganismos).

El programa de pregrado en Ingeniería Ambiental brinda la formación científica, técnica y social requerida para el uso y manejo sostenible de los recursos naturales. Su desempeño profesional se puede dar en las siguientes esferas de actuación: prevención y control de contaminación, producción limpia, sistemas de gestión ambiental y planeación y ordenamiento territorial. Los métodos o modos de actuación del profesional en estas esferas incluyen el diagnóstico, el diseño, la investigación y la administración.

En Colombia en el año 1999, ACOFI, realizó la actualización curricular para el programa de ingeniería ambiental, trabajo que presentó las principales características de su estructura curricular. En el año 2003 acofi conjuntamente con icfes revisó este trabajo, para la preparación de los ecaes de los años 2003 y 2004. Con base en esta información, a continuación se plasman los contenidos referenciales resumidos, que se enseñan en la ingeniería ambiental en nuestro país:

CONTENIDOS REFERENCIALES

Para la prueba se utilizará la agrupación de contenidos en las áreas de conocimiento definidas por la Resolución 2773 DE 2003 del MEN. En cada área se incluyen los contenidos definidos para los ECAES 2003-2004. La definición de estas áreas y de los contenidos en cada área ha sido el resultado del trabajo continuado de la comunidad académica de ingeniería en la última década. Para ingeniería ambiental, los contenidos en cada área son:

TABLA 6. CONTENIDOS REFERENCIALES RESUMIDOS

ÁREA		CONTENIDOS
ABREVIATURA	NOMBRE	
CB	CIENCIAS BÁSICAS	<ul style="list-style-type: none">- Matemáticas- Física- Química- Biología
BI	CIENCIAS BÁSICAS DE INGENIERÍA	<ul style="list-style-type: none">- Fluidos y recursos hidráulicos- Suelos- Recursos biológicos- Interdisciplinaria
IA	INGENIERÍA APLICADA	<ul style="list-style-type: none">- Diagnóstico ambiental- Diseño técnico- Gestión ambiental
C	FORMACIÓN COMPLEMENTARIA	<ul style="list-style-type: none">- Ciencias económico - administrativas- Ciencias Sociales y humanidades

BIBLIOGRAFÍA

ACOFI. Contenidos Programáticos Básicos para Ingeniería. Primera Versión. 2004

ACOFI. Programas de Ingeniería en Colombia. Tercera versión. Bogotá. 2003. 158 p.

ACOFI- ICFES Actualización y modernización del currículo de Ingeniería Ambiental. Bogotá. 1999. 50 p.

CAPÍTULO 5. DEFINICIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS COMPETENCIAS Y COMPONENTES DEL ECAES EN INGENIERÍA AMBIENTAL

De acuerdo con los referentes nacionales e internacionales (que caracterizan a la ingeniería ambiental) descritos en los Capítulos 1 y 2 del presente documento, su objeto de estudio y los contenidos referenciales, indicados en el Capítulo 4, junto con la experiencia de la evaluación externa realizada en Colombia y otros países, son el sustento para establecer los criterios para definir las características de las competencias y componentes de evaluación, que son la estructura del Capítulo que se muestra a continuación, como parte estructural del Marco de Fundamentación Conceptual y Especificaciones de Prueba para la los ECAES de Ingeniería Ambiental.

La comunidad académica en ingeniería se encuentra comprometida con transformaciones que permitan cualificarla y que sea un desarrollo moderno de ella capaz de enfrentar los nuevos contextos de su desempeño, así como el de sus ingenieros. Se espera que la introducción del concepto de competencia (si se hace correctamente) pueda ser una estrategia interesante en el mejoramiento de la educación superior.

En los últimos años, el concepto de competencias ha venido ganando terreno en los diferentes niveles de la educación y tomando diversas formas e interpretaciones; recientemente esta idea ha comenzado a ser utilizada en la formación de ingenieros. Por ello, diferentes países e instituciones de educación superior, que ofrecen programas de ingeniería, han dado pasos en la dirección de introducir este concepto en sus procesos de enseñanza y estructuras curriculares.

A título ilustrativo, sin pretender realizar un estudio de antecedentes, vale la pena mencionar los criterios ABET 2000, el trabajo del proyecto TUNING Europeo, los recientes exámenes de estado para ingenieros de Brasil y un número importante de trabajos en diferentes escuelas de ingenieros, en los cuales, se encuentra el concepto de competencias manejado con diferentes matices.

De otra parte, en el contexto nacional la comunidad académica de ingeniería en Colombia, representada en ACOFI, ha venido realizando un número importante de trabajos de reflexión, a lo largo de varios años, sobre el tema de las competencias esperadas de los graduados de los programas de ingeniería. El ICFES, a su vez, respondiendo a la políticas de evaluación y mejoramiento de la calidad de la educación definidas por el estado Colombiano, ha aplicado en los últimos años pruebas basadas en competencias en los niveles en educación básica y media. El modelo de evaluación del ICFES esta centrado en los procesos cognitivos que incluyen las dimensiones o acciones de competencia: *interpretativa*, *argumentativa* y *propositiva*. Este modelo ha sido aplicado en las pruebas de Evaluación de la Educación Básica – SABER, en las Pruebas ICFES de Evaluación de Educación Media y algunas de Pruebas de Evaluación de la Educación Superior – ECAES el año pasado. A partir de este año la prueba ECAES para los programas de ingeniería del país, está basada en el concepto de competencia.

MARCO CONCEPTUAL PARA UN EXAMEN ORIENTADO POR COMPETENCIAS PARA INGENIERÍA

Existe una dinámica mundial de cambios curriculares en la educación en ingeniería que promueve una formación orientada al desarrollo de habilidades, capacidades o competencias¹, estos cambios curriculares reflejan en últimas un cambio de los objetivos del proceso de formación, desde el saber, al saber hacer y el ser. Existe un gran número de instituciones de educación en ingeniería en las cuales se está orientando en el desarrollo de sus currículos una formación orientada por las competencias requeridas, en los nuevos escenarios de desempeño, para los ingenieros. Estos trabajos no siempre expresan su intencionalidad en dirección de las competencias, pero resultan finalmente cercanos al concepto. Solamente a título indicativo se mencionan cambios y experiencias en instituciones como el Massachusetts Institute of Technology (MIT), California Institute of Technology (CALTECH), Universidad de Colorado, Universidad de Drexel en EEUU, Danske Tekniske Universitet (DTU) en Dinamarca, Ecole de Mines de Nantes y Ecole de Mines de Saint Etienne en Francia.

Sobre las competencias existen diversas definiciones y a continuación presentamos algunas que son relevantes para la especificación de la prueba ECAES para ingeniería.

En el ámbito educativo Colombiano el ICFES plantea la competencia como “un saber hacer en contexto”, es decir, el conjunto de acciones que un estudiante realiza en un contexto particular y que cumple con las exigencias específicas del mismo” (ICFES, Nuevo Examen de Estado, Cambios para el Siglo XXI, Propuesta general, 1998).

El grupo de trabajo en competencias de la Universidad Nacional plantea la competencia como “*una actuación idónea que emerge en una tarea concreta, en un contexto con sentido. La competencia o idoneidad se expresan al llevar a la práctica, de manera pertinente, un determinado saber teórico*” (Universidad Nacional de Colombia, 2000)

De otra parte, Torrado define la competencia como un conocimiento que se manifiesta en un saber hacer o en una forma de actuar frente a tareas que plantean exigencias específicas y que ella supone conocimientos, saberes y habilidades, que emergen en la interacción que se establece entre el individuo y una situación determinada.

Estas, entre otras definiciones apuntan a concebir la competencia como un conjunto de características propias del ser humano que se ponen en juego en un contexto específico y particular, evidenciada a través de acciones concretas que se consideran indicadores de la misma.

¹ Si bien estos tres conceptos en opinión de los especialistas no son completamente equivalentes, en varios escenarios se manejan como sinónimos con el mismo espíritu.

COMPETENCIAS COGNITIVAS:

INTERPRETACIÓN, ARGUMENTACIÓN, PROPOSICIÓN

Aquí se plantea la clasificación de las competencias cognitivas sobre el cual se fundamenta, el modelo de evaluación del ICFES. La propuesta de Componentes disciplinares y profesionales se articula con estas competencias cognitivas, sin detrimento de las definiciones y objetivos generales de esta evaluación por competencias propuesta por ACOFI, y contenida en versiones preliminares de este marco de fundamentación de los Ecaes en Ingeniería 2005 (ACOFI, 2005).

Se debe tomar como punto de partida, la definición misma de las competencias cognitivas y su articulación y armonización con el lenguaje de la Ingeniería.

➤ COMPETENCIA INTERPRETATIVA

Se define como aquella acción encaminada a encontrar el sentido de un texto, un problema, una gráfica, un plano de ingeniería, un diagrama de flujo, una ecuación, un circuito eléctrico, entre otras situaciones, donde se le proporciona un contexto al estudiante.

La interpretación sigue unos criterios de veracidad, los cuales no implican sólo la comprensión de los contextos, sino que se debe dirigir a la situación concreta y reflexionar sobre sus implicaciones y los procesos de pensamiento involucrados son el recuerdo, la evocación, comprensión, análisis, medición, etc.

➤ COMPETENCIA ARGUMENTATIVA

Es aquella acción dirigida a explicar, dar razones y desarrollar ideas de una forma coherente con el contexto de la disciplina evaluada. Los puntos relacionados con esta competencia exigen dar cuenta de un saber fundamentado en razones coherentes con los planteamientos que se encuentran en el texto.

Se contextualiza la argumentación en acciones como la resolución de problemas, los fundamentos de un diseño de ingeniería, la organización de la información, la proyección de la información, la explicación de eventos, fenómenos, la formulación de soluciones a través de un gráfico, un plano, un diagrama, etc.

➤ COMPETENCIA PROPOSITIVA

Es aquella acción cuyo fin persigue que el estudiante proponga alternativas que puedan aplicarse en un contexto determinado; por lo tanto, se espera que la solución que escoja corresponda con las circunstancias que aparecen en la formulación de un problema. Así mismo, el estudiante deberá generar hipótesis y proponer alternativas de solución a los problemas de ingeniería que cubran aspectos como los ambientales, de

manufacturabilidad, económicos, entre otros; y propondrá acciones de aplicación, evaluación o/y optimización de una solución en un contexto de ingeniería dado.

Como se puede desprender de estas definiciones, resulta complejo dividir expresamente las acciones de competencia en el marco de la preparación de los ingenieros; por lo cual no es fácil demarcar una frontera específica entre estas acciones y los niveles de desempeño de cada una de las competencias.

Es importante mencionar que la evaluación por competencias es un proceso que exige mucha creatividad; debido a que las nuevas pruebas buscan medir competencias, las preguntas se deben diseñar con el fin de evaluar aspectos relevantes de formación del ingeniero ambiental. Aunque la evaluación de hechos particulares es importante, la comprensión conceptual, los procedimientos, la solución de problemas complejos, la apropiación del conocimiento y la posibilidad de hacer extrapolación del mismo a situaciones novedosas, pueden proporcionar una retroalimentación más confiable para medir la calidad general de los programas.

COMPONENTES DISCIPLINARES Y PROFESIONALES DE LOS INGENIEROS EN COLOMBIA

A continuación se presenta un compendio, de las competencias esperadas, que se plantean, en los diferentes estudios mencionados en la introducción del capítulo, para los profesionales en general y para los profesionales de ingeniería en particular.

Competencias que un profesional de cualquier disciplina o profesión debe tener al finalizar su formación de pregrado:

- Actitud y capacidad para el aprendizaje continuo a lo largo de la vida (tanto de temas de su profesión o disciplina, así como de otras áreas que le permitan comprender a nivel local y global, el contexto histórico, político, social, económico y ambiental de su quehacer)
- Actitud y capacidad para trabajar en grupos multidisciplinarios y multiculturales en contextos nacionales e internacionales.
- Habilidad para trabajar de manera autónoma
- Capacidad de análisis, síntesis, planeación, organización y toma de decisiones.
- Capacidad para aplicar el conocimiento en la práctica
- Excelente capacidad comunicativa (oral y escrita) en lengua nativa, en una segunda lengua y en lenguajes formales, gráficos y simbólicos.
- Creatividad (capacidad para inventar, innovar, pensar fuera de la caja, crear de manera artística, eso es, capacidad para proponer soluciones novedosas a problemas y retos que traerá el futuro).
- Ingenio (capacidad de combinar, adaptar y planear soluciones prácticas a problemas complejos)
- Iniciativa, espíritu empresarial, capacidad de emprendimiento, liderazgo y actitud triunfadora para desarrollar acciones y construir empresas exitosas que lleven a la

realidad las soluciones que propone, aplicando de manera efectiva en estas los principios de los negocios y la administración.

- Compromiso con la calidad.
- Dinamismo, agilidad, elasticidad y flexibilidad (para adaptarse al carácter incierto y cambiante del mundo).
- Ética profesional y responsabilidad social como orientadoras de su quehacer.
- Actitud hacia el desarrollo de acciones para mejorar las condiciones de vida de la población.
- Habilidad y actitud investigativa.
- Habilidad para administrar información (habilidad para recolectar, analizar y seleccionar información de diversas fuentes)
- Habilidades críticas y auto-críticas.
- Habilidades interpersonales.
- Habilidades computacionales básicas.

Competencias específicas adicionales que un profesional de ingeniería debe tener al finalizar su formación de pregrado:

- Habilidades analíticas fuertes.
- Comprensión de las matemáticas, las ciencias naturales y las herramientas modernas de la ingeniería.
- Capacidad para modelar fenómenos y procesos.
- Capacidad para resolver problemas de ingeniería aplicando el conocimiento y la comprensión de las matemáticas, las ciencias naturales y las herramientas modernas de la ingeniería, utilizando un lenguaje lógico y simbólico.
- Capacidad para diseñar, gestionar y evaluar sistemas y procesos de ingeniería, teniendo en cuenta el impacto (social, económico y ambiental).

Todas las competencias listadas son objetivos centrales en la formación de ingenieros competitivos, i.e., son competencias que deben ser desarrolladas y evaluadas, de manera explícita, en los currículos de ingeniería. Pero no todas estas competencias son evaluables una prueba masiva escrita de calificación automática como los ECAES.

Con el propósito de especificar la prueba ECAES se tomaron las competencias listadas y se eliminaron aquellas que no son evaluables en prueba masiva escrita de calificación automática, entre estas se tiene: actitud y capacidad para el aprendizaje continuo a lo largo de la vida; capacidad para trabajar en grupos multidisciplinarios y multiculturales en contextos nacionales e internacionales; creatividad; ingenio; adaptabilidad, iniciativa; espíritu empresarial; capacidad de emprendimiento, liderazgo; la actitud triunfadora, ética profesional; responsabilidad social; actitud investigativa; etc.

Luego se hicieron agrupaciones de varias componentes que se podían evaluar de manera integrada. Estas son:

- Modelamiento de fenómenos y procesos: entendida como la concepción de esquemas teóricos, generalmente en forma matemática, de un sistema o de una

realidad compleja, que se elabora para facilitar su comprensión, análisis, aplicación y el estudio de su comportamiento.

- Resolución de problemas de ingeniería: Se entiende como las soluciones referidas a cualquier situación significativa, desde elementos dados hasta elementos desconocidos, sean estos reales o hipotéticos; requiere pensamiento reflexivo y un razonamiento de acuerdo con un conjunto de definiciones, axiomas y reglas. Se pretende lograr esta competencia a través de las ciencias básicas, y con ello tener una fundamentación conceptual muy sólida en la matemática y ciencias naturales (física, química, biología); esto le genera estructura de pensamiento lógico y simbólico y le da las herramientas básicas para la innovación y el desarrollo tecnológico.
- Comunicación: referido a las capacidades que permiten un manejo adecuado del lenguaje tanto en un contexto cotidiano como científico. Implica además del manejo de los aspectos formales de la lengua, la comprensión de la intención comunicativa, en donde el lenguaje es el vehículo para entender, interpretar, apropiarse, expresar y organizar la información que proviene de la realidad y la ficción; es intercambiar y compartir ideas, saberes, sentimientos y experiencias, en situaciones auténticas de comunicación.

Es una característica que se viene reclamando por parte del sector empresarial y de la cual se quiere hacer énfasis en la formación integral del ingeniero; se enfatiza que el ingeniero debe ser competente expresando ideas y que, además, pueda escribirlas y argumentarlas correctamente.

- Diseño, gestión y evaluación: se expresa como la dimensión resultante del análisis y el cálculo; es encontrar las correctas proporciones y las soluciones económicas; determinar características, aplicar sistemas y procesos que permitan encontrar las óptimas alternativas; lograr el mejor aprovechamiento de los materiales, de los recursos, que aseguren su sostenibilidad y preservación del medio ambiente; estimar, apreciar y calcular el valor de algo; llevar a cabo las acciones y efectos derivados de administrar, con el propósito de lograr los objetivos propuestos, entre otros.

A partir de estas competencias propias del ingeniero se estructuraron los elementos de evaluación en la prueba ECAES. Desde esta perspectiva se asumen unas características comunes para todas las ingenierías y unas específicas para cada programa a evaluar, y que para efectos de la evaluación se denominan Componentes, los cuales son:

- a. Modelamiento de fenómenos y procesos.
- b. Resolución de problemas, mediante la aplicación de las ciencias naturales (Física, química y biología) y las matemáticas, utilizando un lenguaje lógico y simbólico.
- c. Comunicación efectiva y eficazmente en forma escrita, gráfica y simbólica.

- d. Diseño, gestión y evaluación de sistemas y procesos de ingeniería, teniendo en cuenta el impacto (social, económico y ambiental).

En lo referido a la componente d, para el caso de Ingeniería Ambiental, se desagrega así:

- Diagnóstico del estado de los recursos naturales y evaluación del impacto (social, económico, tecnológico y ambiental) de los proyectos de desarrollo.
- Diseño de sistemas, componentes, experimentos y procesos que cumplan con especificaciones deseadas

La tabla siguiente conjuga lo expresado arriba, y propone la estructura de prueba para los ECAES en Ingeniería Ambiental, de acuerdo a las competencias cognitivas: interpretación, argumentación y proposición.

DEFINICIÓN DE ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA DE PRUEBA ECAES PARA INGENIERÍA AMBIENTAL			
COMPONENTES DE LA PRUEBA	COMPETENCIA COGNITIVA Interpretación	COMPETENCIA COGNITIVA Argumentación	COMPETENCIA COGNITIVA Proposición
Modelamiento de fenómenos y procesos	Identifica los aspectos y características relevantes de un fenómeno o proceso	Establece y analiza relaciones que representan fenómenos o procesos y modela fenómenos y procesos	Plantea hipótesis y genera alternativas de modelos que representan un fenómeno o proceso
Resolución de problemas, mediante la aplicación de las ciencias naturales y las matemáticas utilizando un lenguaje lógico y simbólico	Identifica y comprende las variables que definen un problema	Selecciona métodos apropiados y resuelve un problema	Plantea hipótesis y genera alternativas de solución de un problema
Comunicación efectiva y eficaz en forma escrita, gráfica y simbólica	Lee, comprende e interpreta textos científicos, gráficas, datos e información experimental, planos e imágenes de sistemas mecánicos	Argumenta ideas técnicas a través de textos, gráficas, reportes de datos experimentales, planos e imágenes.	Propone ideas técnicas a través de textos, gráficas, reportes de datos experimentales, planos e imágenes.
Diagnóstico del estado de los recursos naturales y evaluación del impacto (social, económico, tecnológico y ambiental) de los proyectos de desarrollo.	Identifica la información y procedimientos para la caracterización de los recursos naturales y la evaluación de los impactos ambientales	Analiza y explica las relaciones entre los parámetros de diagnóstico del medio ambiente	Selecciona la información, herramientas y procedimientos apropiados para el diagnóstico del ambiente y la evaluación de impactos ambientales
Diseño de sistemas, componentes, experimentos y procesos que cumplan con especificaciones deseadas	Identifica y define los parámetros requeridos para el tratamiento y de gestión en un contexto dado	Explica y justifica la selección de un sistema de tratamiento y sus dimensiones	Plantea hipótesis y selecciona los sistemas y las dimensiones requeridas para los sistemas de tratamiento y gestión ambiental

TABLA 7. DEFINICIÓN DE ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA DE PRUEBA ECAES PARA INGENIERÍA AMBIENTAL

BIBLIOGRAFÍA

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE FACULTADES DE INGENIERÍA, ACOFI. Memorias del Seminario Internacional: Compromiso de la Evaluación Objetiva con el Mejoramiento de la Calidad de la Educación Superior, Bogotá, Enero 27-30 de 2004.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE FACULTADES DE INGENIERÍA, ACOFI. Actualización y modernización curricular en ingeniería ambiental, Bogotá, Colombia, 1999

BLOOM BS, Taxonomy of educational objectives: the classification of educational goals. Handbook 1: Cognitive domain. White Plains, N.Y.: Longman. 1956.

CRITERIA FOR ACCREDITING ENGINEERING PROGRAMS. Effective for Evaluations During 2005-2006, ABET Board of Directors, November 1, 2004.

EUR-ACE Standards and Procedures for the Accreditation of Engineering Programmes, Feani, 2005

ICFES. Nuevo examen de Estado. Cambios para el Siglo XXI. Propuesta general, Bogotá, 1998.

ICFES. Evaluación Por Competencias: Matemáticas, Ciencias Sociales, Filosofía. Evolución de las pruebas de estado ICFES. – Bogotá, Cooperativa Editorial Magisterio, 2004.

ICFES - ACOFI, Especificaciones del Examen de Estado de Calidad de la Educación Superior (ECAES) en Ingeniería Mecánica 2002-2003, Bogotá, Septiembre de 2002 – Mayo 2003 (Editado por: Alvaro Pinilla).

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS – ANISIO TEIXEIRA (INEP). Examen Nacional de Cursos – ENC/Provão – ENGENHARIA MECÂNICA, Brasília, Brasil, 2003.

INTERNATIONAL BUREAU OF EDUCATION GENEVA. Key competencies for all: an overarching conceptual frame of reference, February 2003

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia, Brasil, 2002.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. Resolución Número 2773, Bogotá, Colombia, 2003.

NATIONAL ACADEMY OF ENGINEERING. The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century, National Academies Press, Washington, DC, 2005

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Knowing what students know: the science and design of educational assessment, National Academy Press, 2001.

TORRADO M. De la Evaluación de Aptitudes a la Evaluación de Competencias. ICFES Bogotá 1998.

TUNING Educational Structures in Europe, Final Report Phase One, Edited by Julia González and Robert Wagenaar, 2003.

UNESCO- International Bureau of Education Geneva Key Competencies for all: An Overarching Conceptual Frame of Reference in *Developing key competencies in education: some lessons from international and national experience*, Editors D. S. Rychen and A. Tiana, February 2004.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Competencias y proyecto pedagógico. Segunda edición. Bogotá. 2000.

CAPÍTULO 6. DEFINICIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES DE PRUEBA PARA LOS PROGRAMAS DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ESTRUCTURA DEL EXAMEN

El ECAES para Ingeniería Ambiental es un examen de **160** preguntas tipo selección múltiple que cubren las áreas de conocimiento ya señaladas en los capítulos anteriores, y se diseñan para poder medir las competencias y componentes evaluables establecidas en el capítulo 5 del presente documento.

La distribución de las preguntas de acuerdo con las competencias debe responder tanto a la importancia relativa que podría tener cada una de ellas en la formación del ingeniero ambiental como al hecho que se estima se requieren por lo menos 20 preguntas para poder medir cada componente de la prueba.

El examen ECAES de Ingeniería Ambiental del 2003 tuvo 120 preguntas, divididas en 12 áreas de evaluación de la siguiente manera:

CAMPO	ÁREAS DE EVALUACIÓN	NUMERO DE PREGUNTAS
FORMACIÓN BÁSICA	MATEMÁTICAS	12
	FÍSICA	10
	QUÍMICA	10
	HUMANIDADES	8
	ECONÓMICO ADMINISTRATIVA	4
FORMACIÓN EN CIENCIAS BÁSICAS DE INGENIERÍA Y FORMACIÓN PROFESIONAL	FLUIDOS Y RECURSOS HIDRÁULICOS	12
	SUELOS	8
	RECURSOS BIOLÓGICOS	12
	TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA	8
	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	12
	DISEÑO TÉCNICO	14
	GESTIÓN AMBIENTAL	10
	TOTAL	120

TABLA 8. DISTRIBUCIÓN DE PREGUNTAS ECAES 2003

En este examen parte del campo de formación básica fue común para todas las ramas de ingeniería

El examen ECAES 2004 fue bastante similar al del 2003: se adicionaron 20 preguntas de comprensión lectora, pero la estructura básica del examen se mantuvo, para un total de preguntas de 140 en dos sesiones de 4 horas.

Para el ECAES 2005 se propone una distribución de preguntas proporcional a la del ECAES 2003, renombrando las áreas y componentes de conocimiento de acuerdo con lo propuesto en el capítulo 5. Así mismo se propone la existencia de un núcleo común para todas las ramas de ingeniería que consistiría una porción importante de las áreas de ciencias básicas y de formación complementaria. De esta forma se sugiere la siguiente distribución de la prueba:

**ESTRUCTURA DE PRUEBA ECAES INGENIERÍA AMBIENTAL – DISTRIBUCIÓN DE PREGUNTAS					
COMPONENTES ECAES 2005-2006	Interpretación	Argumentación	Proposición	TOTAL	NUMERO DE PREGUNTAS
Modelación de fenómenos y procesos	14	14	12	40	20 CB
					20 BI
Resolución de problemas, mediante la aplicación de las ciencias naturales y las matemáticas utilizando un lenguaje lógico y simbólico	14	14	12	40	20 CB
					20 BI
Comunicación efectiva y eficazmente en forma escrita, gráfica y simbólica	7	7	6	20	20* CB, BI, C, IA
Diagnóstico del estado de los recursos naturales y evaluación del impacto (social, económico, tecnológico y ambiental) de los proyectos de desarrollo.	15	15	10	40	50 IA, BI + 10C
Diseño de sistemas, componentes, experimentos y procesos que cumplan con especificaciones deseadas	7	7	6	20	
TOTAL	57	57	46	160	

TABLA 9. ESTRUCTURA DE PRUEBA ECAES INGENIERÍA AMBIENTAL – DISTRIBUCIÓN DE PREGUNTAS

CB: CIENCIAS BÁSICAS, BI: CIENCIAS BÁSICAS DE INGENIERÍA; C: COMPLEMENTARIA; IA: INGENIERÍA APLICADA

* En la Prueba ECAES, el ICFES adiciona 20 preguntas para la evaluación de la Comprensión Lectora de los Estudiantes. Estas preguntas son comunes a todos los programas evaluados por el ICFES y no se encuentran incluidas en la presentación de esta tabla

** Se sugiere distribuir el total de la preguntas, guardando equilibrio con los contenidos referenciales, semejante a la distribución de preguntas realizado en el ECAES 2003, 2004.

COMPONENTES DE LA PRUEBA	CONTENIDOS REFERENCIALES
Modelamiento de fenómenos y procesos	CB: Matemáticas, física, química, biología BI: Fluidos y recursos hidráulicos, suelos, recursos biológicos e interdisciplinaria
Resolución de problemas, mediante la aplicación de las ciencias naturales y las matemáticas utilizando un lenguaje lógico y simbólico	CB: Matemáticas, física, química, biología BI: Fluidos y recursos hidráulicos, suelos, recursos biológicos e interdisciplinaria
Comunicación efectiva y eficazmente en forma escrita, gráfica y simbólica	CB: Matemáticas, física, química, biología BI: Fluidos y recursos hidráulicos, suelos, recursos biológicos e interdisciplinaria IA: Diagnóstico ambiental, diseño técnico y gestión ambiental C: Ciencias económico administrativas, ciencias sociales y humanidades
Diagnóstico del estado de los recursos naturales y evaluación del impacto (social, económico, tecnológico y ambiental) de los proyectos de desarrollo.	BI: Fluidos y recursos hidráulicos, suelos, recursos biológicos e interdisciplinaria IA: Diagnóstico ambiental, diseño técnico y gestión ambiental
Diseño de sistemas, componentes, experimentos y procesos que cumplan con especificaciones deseadas	IA: Diagnóstico ambiental, diseño técnico y gestión ambiental C: Ciencias económico administrativas, ciencias sociales y humanidades

La estructura presentada por áreas de formación se discrimina, así:

Ciencias Básicas:	40/160 (25%)
Ciencias Básicas de Ingeniería:	40/160 (25%)
Ingeniería Aplicada:	50/160 (31.25%)
Formación Complementaria:	30/160 (18.75%)

Esta estructura corresponde a los mínimos sugeridos por ACOFI en diversos documentos académicos sobre la distribución por áreas de conocimiento de los programas de pregrado en Ingeniería que se imparten en Colombia

FORMATO DE PREGUNTAS Y REQUERIMIENTOS PARA SU ELABORACIÓN

La definición de las especificaciones permite garantizar que las pruebas diseñadas sean coherentes con el marco de fundamentación conceptual desarrollado; contemplen los recursos disponibles y ofrezcan información útil para cumplir con los propósitos de los ECAES.

TIPO DE PREGUNTAS

Selección Múltiple con Única Respuesta

Este formato presenta un enunciado y 4 opciones de respuesta de las cuales una es la respuesta correcta.

Como la evaluación por competencias requiere de la formulación específica de un contexto, algunas preguntas deberán incluir enunciados complejos que permitan desarrollar más de una pregunta en los distintos niveles de la competencia a evaluar.

PREGUNTAS DEPENDIENTES DE UN CONTEXTO

Este formato incluye además del enunciado y las opciones de respuesta una serie de textos, ilustraciones, problemas, ensayos, situaciones a partir de las cuáles se generan 3 ó más preguntas. Son cuatro los contextos más comunes que se presentan y buscar dar cuenta de actividades tendientes a evaluar la comprensión de lectura, la solución de problemas, la interpretación y comprensión de material simbólico o gráfico.

Cada pregunta se debe presentar en el formato diseñado para tal fin, el cual se presenta a continuación.

CÓDIGO DE LA PREGUNTA

CIUDAD
FECHA
INSTITUCIÓN
AUTOR

ÁREA DE USO INTERNO. DILIGENCIADO POR GRUPO DE EVALUACIÓN

CÓDIGO DE LA PREGUNTA:

DIBUJO: SI NO

Después de esta información básica acerca del constructor y la ubicación de la pregunta de acuerdo con la estructura de prueba, se presenta el contexto o situación que sirve de marco a las preguntas.

Es necesario aclarar que en la prueba que contestan los estudiantes no se hace el desglose presentado en el formato, sino que se presenta la pregunta como un todo.

CÓDIGO: 1-**CONTEXTO (SITUACIÓN DE LA CUAL SE DESPRENDER TRES O MÁS PREGUNTAS, TENIENDO EN CUENTA QUE PARA CADA PREGUNTA SE DILIGENCIA UN FORMATO APARTE)****PREGUNTA No _____**

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
COMPETENCIA:	
COMPONENTE:	
CONTENIDO REFERENCIAL:	
NIVEL DE COMPLEJIDAD:	
TIEMPO DE RESOLUCIÓN:	

En cuanto a Nivel de Complejidad, este es la estimación de grupos de expertos sobre desempeño de la población que responden acertadamente una pregunta y se clasifica de la siguiente manera:

- Nivel de Complejidad Alta: Menos del 30% de la población da cuenta exitosa de una pregunta
- Nivel de Complejidad Media: Entre el 30% y 70% de la población da cuenta exitosa de una pregunta
- Nivel de Complejidad Baja: Más del 70% de la población da cuenta exitosa de una pregunta

Además se presenta la información de la pregunta atendiendo a la estructura de prueba y al tiempo que el estudiante emplearía para responder.

ENUNCIADO

OPCIONES DE RESPUESTA

A
B
C
D

CLAVE:

RESOLUCIÓN O JUSTIFICACIÓN DE LA RESPUESTA

Se resuelve la pregunta evidenciando porque la opción señalada como correcta responde de manera adecuada la pregunta.

SEÑALE LAS FÓRMULAS O TÉRMINOS QUE DEBEN SER INCLUIDOS EN EL GLOSARIO

Debe escribir aquella información que debe ser incluida en las páginas iniciales del examen, considerando que son indispensables para resolver una o varias preguntas.

PERTINENCIA (MENCIONE BREVEMENTE LAS RAZONES POR LAS QUE CONSIDERA QUE ESTA PREGUNTA PERTENECE AL UNIVERSO DE LO QUE SE QUIERE EVALUAR)

Brevemente señale las razones por las que esta pregunta hace parte de lo definido en la estructura de prueba y que justifican su inclusión en la prueba.

OBSERVACIONES

TIEMPO DE RESOLUCIÓN

El examen se realizará en dos sesiones (una en la mañana y otra en la tarde), el tiempo de resolución será de 4 horas por cada sesión.

EJEMPLOS

EJEMPLO 1

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
COMPETENCIA:	PROPOSICIÓN
COMPONENTE:	DISEÑO DE SISTEMAS, COMPONENTES, EXPERIMENTOS Y PROCESOS QUE CUMPLAN CON ESPECIFICACIONES DESEADAS
CONTENIDO REFERENCIAL:	INGENIERÍA APLICADA (SUELOS)
NIVEL DE COMPLEJIDAD:	MEDIO
TIEMPO DE RESOLUCIÓN:	2 MINUTOS

ENUNCIADO

Para un suelo con pH de 8, conductividad de 4.5 mmho/cm y porcentaje de saturación de Na superior al 15%, el mejor sistema de tratamiento es:

OPCIONES DE RESPUESTA

- A. Aplicar al suelo carbonato de calcio
- B. Mezclar al suelo sales inorgánicas
- C. Lavar y drenar
- D. Incorporar compost

CLAVE: C. Lavar y drenar

RESOLUCIÓN O JUSTIFICACIÓN DE LA RESPUESTA

El ejemplo es de un suelo con problemas de alcalinidad, un suelo salino-sódico, donde las dos primeras opciones se descartan ya que aumentarían el problema que presentan. La última opción es para suelos con problemas de fertilidad y no de salinidad. La opción C es el tratamiento adecuado para la recuperación de suelo con problemas de alcalinidad.

EJEMPLO 2

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
COMPETENCIA:	INTERPRETATIVO
COMPONENTE:	DISEÑO DE SISTEMAS, COMPONENTES, EXPERIMENTOS Y PROCESOS QUE CUMPLAN CON ESPECIFICACIONES DESEADAS
CONTENIDO REFERENCIAL:	INGENIERÍA APLICADA (SUELOS)
NIVEL DE COMPLEJIDAD:	MEDIO
TIEMPO DE RESOLUCIÓN:	2 MINUTOS

ENUNCIADO

Después de un tratamiento de lavado y drenado, el pH del suelo se redujo de 8 a 6 y el porcentaje de sodio intercambiable resultante fue de 15; esto indica que:

OPCIONES DE RESPUESTA

- A. El sistema de tratamiento aplicado fue muy eficiente y el resultado se evidencia por el porcentaje de sodio intercambiable
- B. El sistema de tratamiento aplicado fue poco eficiente porque el porcentaje de sodio intercambiable aún es muy alto
- C. El sistema de tratamiento aplicado fue eficiente y el resultado se evidencia por el pH encontrado que es menor que el original
- D. El sistema de tratamiento aplicado no fue eficiente y se evidencia por el porcentaje de sodio intercambiable

CLAVE: B. El sistema de tratamiento aplicado fue poco eficiente porque el porcentaje de sodio intercambiable aún es muy alto

RESOLUCIÓN O JUSTIFICACIÓN DE LA RESPUESTA

La opción correcta es la B ya que se observa algo de eficiencia en la reducción del pH, sin embargo el porcentaje de sodio aún está en niveles tóxicos lo que indica que no fue suficiente con el lavado y drenado.

EJEMPLO 3

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
COMPETENCIA:	INTERPRETATIVA
COMPONENTE:	DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE LOS RECURSOS NATURALES Y EVALUACIÓN DEL IMPACTO (SOCIAL, ECONÓMICO, TECNOLÓGICO Y AMBIENTAL) DE LOS PROYECTOS DE DESARROLLO.
CONTENIDO REFERENCIAL:	INGENIERÍA APLICADA (CALIDAD DE AGUAS)
NIVEL DE COMPLEJIDAD:	MEDIO
TIEMPO DE RESOLUCIÓN:	3 MINUTOS

ENUNCIADO

Un agua de suministro municipal entra a una residencia a 20° C y en un calentador doméstico se calienta hasta a 60° C. Si a 25°C el agua está saturada en $\text{CaCO}_{3(s)}$, el agua que entra al calentador y la que sale del calentador presenta una de las siguientes condiciones:

OPCIONES DE RESPUESTA

- A. La concentración del ion calcio en el agua que entra al calentador es mayor que la concentración del ion calcio en el agua que sale.
- B. La concentración del ion carbonato no sufre ningún cambio entre el agua que entra y el agua que sale del calentador.
- C. El agua que entra al calentador está sobresaturada, mientras que el agua que sale está insaturada.
- D. El pH del agua que entra es menor que el pH del agua que sale

CLAVE: A. La concentración del ion calcio en el agua que entra al calentador es mayor que la concentración del ion calcio en el agua que sale.

RESOLUCIÓN O JUSTIFICACIÓN DE LA RESPUESTA

En esta pregunta el estudiante debe interpretar el concepto de saturación y relacionarlo con el efecto de la temperatura sobre la condición de saturación, sobresaturación e instauración y el carácter exotérmico de las reacciones de precipitación y buscar argumentos para caracterizar las corrientes de agua de entrada y salida.

Para reacciones exotérmicas, a mayor temperatura menor constante de equilibrio y por consiguiente, se favorece la presencia de los reactivos en este caso, del $\text{CaCO}_{3(s)}$, presentándose la precipitación en el calentador y por lo tanto, la disminución de los iones calcio y carbonato en la solución y el pH no sufre ningún cambio.

EJEMPLO 4

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
COMPETENCIA:	PROPOSICIÓN
COMPONENTE:	DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE LOS RECURSOS NATURALES Y EVALUACIÓN DEL IMPACTO (SOCIAL, ECONÓMICO, TECNOLÓGICO Y AMBIENTAL) DE LOS PROYECTOS DE DESARROLLO.
CONTENIDO REFERENCIAL:	INGENIERÍA APLICADA (CALIDAD DE AGUAS)
NIVEL DE COMPLEJIDAD:	MEDIO
TIEMPO DE RESOLUCIÓN:	3 MINUTOS

ENUNCIADO

Una muestra de agua efluente del depósito de recarbonatación que sigue a un proceso de precipitación y ablandamiento tiene un pH de 9.0. 200 ml de esta agua requieren 1.1 ml de H₂SO₄ 0.02 N para titularla hasta el punto final de la fenolftaleína y 22.9 ml de H₂SO₄ 0.02 N para titularla hasta el punto final del anaranjado de metilo; la alcalinidad total y al carbonato del agua en meq/l son respectivamente:

OPCIONES DE RESPUESTA

- A. 2.3 meq /l y 0.11 meq /l
- B. 2.4 meq /l y 0.11 meq /l
- C. 2.3 meq /l y 1.1 meq /l
- D. 2.4 meq /l y 1.1 meq /l

CLAVE: B

RESOLUCIÓN O JUSTIFICACIÓN DE LA RESPUESTA

El estudiante propone la solución de acuerdo con el análisis de datos

$$\text{Alcalinidad al carbonato} = 1.1 \times 0.02 \times 1000 / 200 = 0.11 \text{ meq / l}$$

$$\text{Alcalinidad total} = (22.9 + 1.1) \times 0.02 \times 1000 / 200 = 2.4 \text{ meq / l}$$

EJEMPLO 5

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
COMPETENCIA:	INTERPRETATIVO
COMPONENTE:	DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE LOS RECURSOS NATURALES Y EVALUACIÓN DEL IMPACTO (SOCIAL, ECONÓMICO, TECNOLÓGICO Y AMBIENTAL) DE LOS PROYECTOS DE DESARROLLO.
CONTENIDO REFERENCIAL:	INGENIERÍA APLICADA (CALIDAD DE AGUAS)
NIVEL DE COMPLEJIDAD:	MEDIO
TIEMPO DE RESOLUCIÓN:	3 MINUTOS

ENUNCIADO

A 25°C el agua de río con 450 $\mu\text{mho/cm}$ y el agua del océano Pacífico con 0.7 de fuerza iónica a la misma temperatura y presión atmosférica, se caracterizan por uno de los siguientes enunciados:

OPCIONES DE RESPUESTA

- A. La actividad del oxígeno disuelto es la misma en el agua del océano y en el agua del río.
- B. La fuerza iónica es la misma en el agua del océano y en el agua del río.
- C. El contenido de sólidos disueltos es el mismo en el océano y en el agua del río.
- D. La presión de vapor del agua del océano es mayor que la del agua del río.

CLAVE: A. La actividad del oxígeno disuelto es la misma en el agua del océano y en el agua del río.

RESOLUCIÓN O JUSTIFICACIÓN DE LA RESPUESTA

En esta pregunta, el estudiante interpreta el efecto de la conductividad en la fuerza iónica, en la actividad del oxígeno disuelto, en el contenido de sólidos disueltos y en la presión de vapor. Debe hacer una diferenciación entre los conceptos actividad y concentración. Por lo cual, lo que elige es el argumento que caracteriza a los dos sistemas: el agua del río y el agua del océano.

La fuerza iónica del océano es diferente de la del agua de río, ya sea por el análisis de la ecuación de Debye Huckel o por la ecuación empírica de Russell $\mu = 1.6 \times 10^{-5} \times \text{conductancia específica } (\mu \text{ mho/cm})$. Además, es un concepto muy trabajado por los estudiantes al analizar las diferencias entre los dos tipos de aguas. Lo mismo aplica al contenido de sólidos disueltos.

En relación con la presión de vapor, este concepto es una aplicación de las propiedades coligativas vistas en el curso de química ambiental.

EJEMPLO 6

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
COMPETENCIA:	Interpretativa
COMPONENTE:	Modelamiento de fenómenos y procesos
CONTENIDO REFERENCIAL:	Área de ciencias básicas, Ciencias básicas de ingeniería e Ingeniería aplicada. (teoría de probabilidades, investigación de operaciones, procesos estocásticos)
NIVEL DE COMPLEJIDAD:	Medio
TIEMPO DE RESOLUCIÓN:	2 minutos

ENUNCIADO

Los carros pasan por un punto de una autopista según un proceso aleatorio Poisson a una tasa de dos carros por minuto. Si el 15% de los carros son camionetas. Dado que 25 carros han pasado en una hora cuál es la probabilidad de que 10 de ellos hayan sido camionetas?

OPCIONES DE RESPUESTA

- a. 1.64×10^{-3}
- b. 1.74×10^{-3}
- c. 1.57×10^{-3}
- d. 1.64×10^{-2}

CLAVE: a

RESOLUCIÓN O JUSTIFICACIÓN DE LA RESPUESTA

Esta pregunta tiene que ver con la modelación de problemas bajo incertidumbre utilizando conceptos de distribuciones de probabilidad discretas y procesos estocásticos. Para la resolución de la pregunta se indica que los eventos ocurren según una distribución de Poisson, lo cual determina los parámetros a utilizar.

EJEMPLO 7

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
COMPETENCIA:	PROPOSICIÓN
COMPONENTE:	DISEÑO DE SISTEMAS, COMPONENTES, EXPERIMENTOS Y PROCESOS QUE CUMPLAN CON ESPECIFICACIONES DESEADAS
CONTENIDO REFERENCIAL:	BIOLOGÍA
NIVEL DE COMPLEJIDAD:	MEDIO
TIEMPO DE RESOLUCIÓN:	2 MINUTOS

ENUNCIADO

Un municipio colombiano de escasos recursos desea formular un plan de manejo para establecer una reserva ecológica protectora aledaña a un santuario de flora y fauna. Los suelos del área que se va a dedicar a la reserva están en buen estado de conservación y existe un banco adecuado de semillas. La actividad más apropiada para implementar es la siguiente:

OPCIONES DE RESPUESTA

- A. Plantación de especies pioneras
- B. Regeneración natural
- C. Plantación de especies exóticas
- D. Establecimiento de cultivos agrícolas

CLAVE: B. Regeneración natural

RESOLUCIÓN O JUSTIFICACIÓN DE LA RESPUESTA

Dado que el área en la que se establecerá la reserva ecológica está en buen estado de conservación y hay un buen banco de semillas no se requiere la plantación de especies. En las condiciones del área lo más apropiado y económico sería la regeneración natural del área.

EJEMPLO 8

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
COMPETENCIA:	PROPOSICIÓN
COMPONENTE:	DISEÑO DE SISTEMAS, COMPONENTES, EXPERIMENTOS Y PROCESOS QUE CUMPLAN CON ESPECIFICACIONES DESEADAS
CONTENIDO REFERENCIAL:	INGENIERÍA APLICADA (GESTIÓN AMBIENTAL)
NIVEL DE COMPLEJIDAD:	MEDIO
TIEMPO DE RESOLUCIÓN:	2 MINUTOS

ENUNCIADO

El Alcalde de Riohacha desea ejecutar un proyecto de vivienda de interés social en el área urbana de su municipio, según lineamientos del Plan de Ordenamiento Territorial. Para comenzar, él requiere diligenciar ante la Corporación Autónoma Regional:

OPCIONES DE RESPUESTA

- A. Tramitar Licencia Ambiental
- B. Presentar un Plan de Manejo Ambiental
- C. Pagar impuesto ambiental
- D. Pagar las tasas retributivas

CLAVE: B. Presentar un Plan de Manejo Ambiental

RESOLUCIÓN O JUSTIFICACIÓN DE LA RESPUESTA

Dado que el proyecto está considerado en el Plan de Ordenamiento Territorial no requiere Licencia Ambiental. En estos casos solo se debe presentar el Plan de Manejo Ambiental.

EJEMPLO 9

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
COMPETENCIA:	ARGUMENTACIÓN
COMPONENTE:	MODELAMIENTO DE FENÓMENOS
CONTENIDO REFERENCIAL:	INGENIERÍA APLICADA (IA)/HIDROLOGÍA
NIVEL DE COMPLEJIDAD:	MEDIO
TIEMPO DE RESOLUCIÓN:	3 MINUTOS

ENUNCIADO

El análisis de doble masa permite verificar la consistencia de los registros de una estación de medición de precipitación en una región meteorológicamente homogénea porque:

OPCIONES DE RESPUESTA

- A. La lluvia es espacialmente heterogénea.
- B. En una región de esas características la precipitación acumulada en dos estaciones debe mostrar el mismo comportamiento.
- C. El análisis de doble masa es una gráfica de tiempo contra precipitación acumulada.
- D. En una región meteorológicamente homogénea la precipitación es homogénea.

CLAVE: B

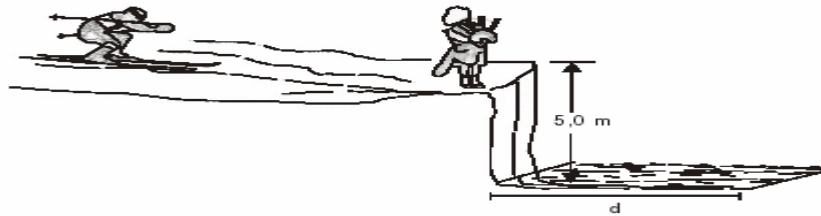
RESOLUCIÓN O JUSTIFICACIÓN DE LA RESPUESTA

En esta pregunta el estudiante debe estar en capacidad de reconocer el significado y la utilidad de un diagrama de doble masa con el fin de identificar un argumento que valide la afirmación presentada. Un análisis de las opciones permite concluir rápidamente que las preguntas *C* y *D* son incorrectas. La pregunta *B* es falsa porque la definición del diagrama de doble masa no corresponde a la afirmación presentada. La pregunta *D* es un distractor que emplea el mismo lenguaje de la pregunta, presentando información que es falsa. La opción *A* es verdadera pero no es un argumento válido para la afirmación. Finalmente, la opción *B* es la respuesta correcta, pues un diagrama de doble masa (curva de la precipitación acumulada de una estación que se desea verificar contra la precipitación acumulada de una estación base) permite hacer este tipo de verificaciones justamente porque la precipitación acumulada en dos estaciones de una región con las características mencionadas debe presentar el mismo comportamiento.

EJEMPLO 10

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
COMPETENCIA	ARGUMENTATIVA
COMPONENTE	A : MODELAR FENÓMENOS Y PROCESOS
CONTENIDO REFERENCIAL	CB : FÍSICA (MECÁNICA)
NIVEL DE COMPLEJIDAD	MEDIO
TIEMPO DE RESOLUCIÓN	3 MINUTOS

Enunciado



Un escocés toca su gaita parado al borde de un barranco cubierto de nieve que tiene una altura de 5 m. Un esquiador, a pesar de sus esfuerzos por frenar, choca con el escocés a una velocidad de 10 m/s y se precipitan abrazados por el borde del barranco. Los dos hombres con sus respectivos pertrechos tienen, cada uno, la misma masa y la gravedad local es de 10 m/s^2 . Ellos caen a una distancia d del borde del barranco. El valor de d en metros, es (ayuda: en un choque inelástico el momento lineal se conserva) :

Opciones de respuesta	
A	2.5
B	5
C	10
D	12.5

Clave	B
-------	---

Resolución o justificación de la respuesta

Sean:
 m : masa de cada hombre
 v_1 : velocidad del esquiador antes del choque (10 m/s)
 v_2 : velocidad del escocés antes del choque (0 m/s)
 v_3 : velocidad del sistema 'esquiador + escocés' después del choque
 h : altura de la caída (5 m)
 Conservación del momento lineal: $m v_1 + m v_2 = (2m) v_3$. Entonces: $v_3 = 5 \text{ m/s}$.
 La caída dura un tiempo t tal que $h = gt^2/2$. Como $h = 5$, $t = 1$.
 Por tanto: $d = v_3 t = 5 \text{ m}$.