

Caracterización de los productores de algodón en Córdoba (Colombia).

GeoGebra como apoyo a la solución de problemas matemáticos.

Qué es Business Process Management (BPM). Definiciones y conceptos.

Propiedades mecánicas y de durabilidad de concretos con agregado reciclado.

Crítica a los métodos de educación escolar tradicional con base en métodos modernos de educación.

Sección especial
TIC, INNOVACIÓN Y SOCIEDAD

Gestión del espectro y banda ancha inalámbrica. Tecnologías para reducir la brecha social en Colombia.

De la interconexión a la hiperconexión. Retos regulatorios.

Subasta 4G

Entrevistas

REVISTA DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE
INGENIERÍA



- **Caracterización de los productores de algodón en Córdoba (Colombia).**
- **GeoGebra como apoyo a la solución de problemas matemáticos.**
- **Qué es Business Process Management (BPM). Definiciones y conceptos.**
- **Propiedades mecánicas y de durabilidad de concretos con agregado reciclado.**
- **Crítica a los métodos de educación escolar tradicional con base en métodos modernos de educación.**
- **Sección especial
TIC, INNOVACIÓN Y SOCIEDAD**

**Gestión del espectro y banda ancha inalámbrica.
Tecnologías para reducir la brecha social en Colombia.**

De la interconexión a la hiperconexión. Retos regulatorios.

Subasta 4G

Entrevistas

CONSEJO DIRECTIVO DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA

PRESIDENTE	EDUARDO SILVA SÁNCHEZ
VOCALES	MYRIAM ASTRID ANGARITA GÓMEZ LUIS GUILLERMO AYCARDI BARRERO RICARDO QUINTANA SIGHINOLFI HÉCTOR ALFONSO RODRÍGUEZ DÍAZ JAIRO ALBERTO ROMERO ROJAS GERMÁN RICARDO SANTOS GRANADOS JUAN MANUEL LUNA GORDILLO (representante de los profesores) DIEGO MAURICIO PÉREZ BEJARANO (representante de los estudiantes)
RECTOR	GERMÁN EDUARDO ACERO RIVEROS
SECRETARIO	RICARDO ALFREDO LÓPEZ CUALLA

REVISTA DE LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA

DIRECTOR	JAIRO ALBERTO ROMERO ROJAS
COMITÉ EDITORIAL	CLAUDIA JEANNETH RÍOS REYES PAULA XIMENA RÍOS REYES HÉCTOR ALFONSO RODRÍGUEZ DÍAZ GERMÁN RICARDO SANTOS GRANADOS
DIRECCIÓN EDITORIAL	CRISTINA SALAZAR PERDOMO
EDICIÓN	DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN JORGE CAÑAS SEPÚLVEDA CORRECCIÓN DE ESTILO ELKIN RIVERA GÓMEZ TRADUCCIÓN Y CORRECCIÓN DE ESTILO EN INGLÉS DAVID PEÑA CITA
DIRECCIÓN COMERCIAL	EDITORIAL ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA

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

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

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

Contenido

5 / EDITORIAL

IV Foro Abierto TIC

Germán Eduardo Acero Riveros

7-16

Caracterización de los productores de algodón en Córdoba (Colombia)

Irma Baquero Haeblerlin - Daniel Poveda Quintero - Fernando Cardozo Puentes

Con el objetivo de evaluar la adopción de tecnologías basadas en cultivos genéticamente modificados (GM) por técnicas de biotecnología moderna, se hizo para la cosecha 2010/2011 un estudio en el departamento de Córdoba sobre la adopción de algodón GM apilado.

17-21

GeoGebra como apoyo a la solución de problemas matemáticos

Alfonso Meléndez Acuña

En este artículo se presenta una aproximación didáctica a la actividad de solución de problemas usando GeoGebra, una de las herramientas de matemática dinámica más populares.

23-29

Qué es *Business Process Management* (BPM).

Definiciones y conceptos

Claudia Yadira Rodríguez Ríos

En este artículo se define de manera clara y concreta el *Business Process Management* (BPM), para lo cual se hizo una revisión sistemática estructurada, con búsquedas en cuatro bases de datos científicas: ScienceDirect, Emerald, ProQuest y EBSCO, y sólo se emplearon artículos científicos completos publicados en revistas indexadas.

31-44

Propiedades mecánicas y de durabilidad de concretos con agregado reciclado

Néstor Bojacá Castañeda - Pedro Nel Quiroga Saavedra - Nancy Torres Castellanos

El propósito de este artículo consiste en mostrar una serie de estudios e investigaciones de diferentes autores que revela la importancia que ha adquirido el uso de agregado reciclado en la fabricación de concreto reciclado.

Contenido

45-47

Crítica a los métodos de educación escolar tradicional con base en métodos modernos de educación

Juanita Castañeda Romero

Más que una crítica, a lo largo de este artículo se hace un llamado a las escuelas tradicionales para que estén abiertas a nuevos métodos que rompan con lo clásico, que transformen el concepto de escuela y que promuevan la curiosidad y la creatividad.

49-81

Sección especial

TIC, INNOVACIÓN Y SOCIEDAD

Gestión del espectro y banda ancha inalámbrica. Tecnologías para reducir la brecha social en Colombia

Guillermo Tenta Gómez

De la interconexión a la hiperconexión. Retos regulatorios

Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC)

Subasta 4G

Agencia Nacional del Espectro (ANE)

Entrevistas

Luis Fernando Lozano

Director de Conectividad del Ministerio de las TIC

Óscar León Suárez

Director de la Agencia Nacional del Espectro (ANE)

Juan Manuel Wilches Durán

Director de la Comisión de Regulación de Comunicaciones

83 / ALCANCE Y POLÍTICAS

Editorial

IV Foro Abierto TIC

GERMÁN EDUARDO ACERO RIVEROS

Profesor titular y rector de la Escuela.

german.acero@escuelaing.edu.co

Ya bien entrada la segunda mitad del siglo XX y sorprendido el mundo con los avances de la ciencia, se apostaba sobre cuáles serían los próximos descubrimientos y qué traería la tecnología hacia el año 2000. Cada cual, de acuerdo con sus propias expectativas y sus conocimientos, hacía sus pronósticos. Unos, por ejemplo, esperaban la aparición de carros voladores y otros la cura definitiva del cáncer, de la diabetes y de tantas y tan terribles enfermedades como el sida. Algunos, más bien en el último cuarto de siglo, alcanzaron a prever los progresos de la computación, asociada quizás a la capacidad de almacenamiento de información y la velocidad de cálculo. Sin embargo, muy pocos miraron hacia el increíble avance y el enorme potencial de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), quizás porque a corto plazo no era tan clara su evolución, su vertiginosa evolución, y tal vez lo más importante, nadie podía imaginar su impacto en la sociedad. Realmente, en los últimos 25 años ha ocurrido una serie de eventos que han impactado a la totalidad de la población mundial y han afectado de manera definitiva los parámetros de vida, asociados con calidad, analfabetismo, marginalidad de las regiones, seguridad, conocimiento y demás aspectos relacionados directamente con las TIC.

Cada momento y cada cambio traen consigo nuevas formas de afrontar el día a día y también nuevas oportunidades y necesidades. Es así como el acceso a la información ha pasado muy rápidamente de ser una curiosidad tecnológica a convertirse en una necesidad y,

en consecuencia, en un servicio y en un gran negocio. Un negocio en el que el Estado se declara propietario del espectro y lo ofrece para que lo exploten casi exclusivamente entidades privadas.

El desarrollo de estas empresas ha propiciado una importante evolución, con progresos muy rápidos en cuanto a capacidad, velocidad y costos, producto de la competencia y del deseo de los operadores de tomarse la mayor parte del mercado. Pero todo esto es cosa del pasado, es decir, lo que hemos observado. Sin embargo, situados en el presente, resulta fundamental volver a cuestionarnos de manera muy consciente acerca de hacia dónde apunta el desarrollo particular de las TIC, y ante todo cuál será su impacto social, que es tal vez el aspecto más significativo en cualquier temática asociada al avance de la ciencia o al llamado progreso de la humanidad.

Porque, por una parte, aunque no se ha inventado la vacuna mágica que se esperaba contra el cáncer y demás enfermedades causantes de altos índices de mortalidad en el mundo, sí ha habido progresos considerables en las ciencias de la salud que han permitido, para tocar sólo un aspecto, incrementar la expectativa de vida de la población en diversos puntos del planeta, con unas consecuencias increíbles en la sociedad porque aunque se nos augure una vida más larga y saludable, ésta sólo es real para una pequeña parte de la humanidad pues el negocio de la salud hace inalcanzable esta promesa para la mayoría de los jubilados y los más de 4000 millones

de personas que aún viven en la pobreza y no tienen acceso a buena parte de estos avances.

Por otra, aunque todavía los carros no vuelan, sí están altamente tecnificados, tanto que en ocasiones no necesitan conductor; se ha mejorado en calidad y hasta se han reducido los costos, hasta el punto de que en los últimos doce años se ha duplicado la cantidad de vehículos particulares, que hoy llegan a 1200 millones. Contrasta esto con que la infraestructura no se haya desarrollado a la misma velocidad, y que cientos de ciudades tengan que encarar enormes problemas de contaminación y de movilidad, en otro tiempo exclusivos de las cuatro o cinco metrópolis más grandes del mundo.

Entonces, ¿qué decir de las TIC? Que lo cambiaron todo: impactaron a la sociedad en pleno. Hay innumerables ejemplos, pero basta echar un vistazo para observar que transformaron la forma de hacer negocios y transacciones; permitieron la integración de comunidades separadas por grandes distancias y con dificultades de acceso en el mundo entero; sacudieron la docencia; generalizaron el acceso a la información; renovaron el concepto de las relaciones personales y el de la integración de las familias, así como el de oficina, incluyendo la opción de laborar más desde el sitio de residencia; modificaron la comercialización de productos y servicios; revolucionaron el entretenimiento, que en buena parte ha ido migrando a los juegos en línea, a la televisión a la carta y a la superfuncionalidad de los aparatos de telefonía móvil; y consolidaron la educación a distancia e introdujeron conceptos como los de educación virtual formal y capacitación informal masiva en la red.

Sin embargo, esto también trajo consecuencias no siempre previsibles: una sociedad adicta a internet; jóvenes y adultos con serias dificultades de comunicación interpersonal; cambios fundamentales en las relaciones intrafamiliares y en el comportamiento de sus miembros; variaciones sustanciales en conceptos fundamentales como los de seguridad, privacidad y felicidad; práctica habitual de compartir el tiempo con personas desconocidas que posiblemente no se llegue a conocer; surgimiento de nuevas adicciones y la proliferación de la pornografía y nuevas formas de explotación sexual, entre otras.

En medio de este panorama de pros y contras, surgen oportunidades y necesidades para la sociedad

entera: negocios y empresas con inversiones mínimas en infraestructura y una drástica reducción de inventarios; capacitación informal gratuita y formal a bajos costos, con buenas perspectivas en cuanto a calidad; ubicuidad, un anhelo humano de vieja data; acceso inmediato a la información de cualquier suceso que ocurra en el mundo y a gran cantidad de documentos sobre múltiples actividades y campos del conocimiento; posibilidad de interactuar con fines profesionales y académicos por medio de la red, de optimizar rutas o condiciones de movilidad, de comparar productos y precios de manera amplia e inmediata, y muchas más de gran utilidad, como la llegada de la banca a sitios inimaginables.

En conclusión, resultan evidentes nuevas necesidades y sobre todo profundas reflexiones, como las que motivaron la realización en la Escuela del IV Foro Abierto TIC, Innovación y Sociedad, que deben anteceder las decisiones inaplazables que habrán de tomar los actores involucrados en este eje de desarrollo.

En este momento, la discusión se orienta a la atención adecuada de la creciente demanda del servicio y, ante todo, a la presión sobre el incremento del ancho de banda en todas las regiones y la velocidad de descarga; a la definición y puesta en marcha de las políticas de Estado en lo referente a la gestión del espectro, a la asignación de bandas y a las inversiones en infraestructura de TIC, así como a su optimización para lograr un alto impacto en las regiones y comunidades menos favorecidas no sólo por su localización respecto de las grandes ciudades sino por su condición de desarrollo.

Todo lo anterior pone en evidencia la pertinencia del foro, organizado por el programa y la maestría en Ingeniería Electrónica de la Escuela, en el que no sólo se vislumbraron las tendencias del desarrollo tecnológico en lo referente a las TIC a escala mundial y nacional sino a su impacto en nuestro medio, considerando el papel que deben desempeñar el Estado, los gremios y la academia con respecto a este tema de vital importancia para hacer frente a los desafíos de lograr una Colombia digital, con inclusión y equidad social.

Estas razones de peso le dan todo el sentido al apartado especial que la presente edición de la *Revista* dedica al foro y que recoge las discusiones y conclusiones del encuentro, tal como corresponde a la misión de la Escuela.

Caracterización de los productores de algodón en Córdoba (Colombia)

Cotton producers characterization in Córdoba (Colombia)

IRMA BAQUERO HAEBERLIN¹ - DANIEL POVEDA QUINTERO² -
FERNANDO CARDOZO PUENTES³

1. Economista, magíster y doctora en Economía. Profesora de la Escuela Colombiana de Ingeniería.

2. Economista y magíster en Economía. Ministerio de Defensa.

3. Economista y magíster en Economía. Corpoica.

irma.baquero@escuelaing.edu.co - dpovedaq@gmail.com - fcardozo@corpoica.org.co

Recibido: 12/09/2014 Aceptado: 20/02/2015

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

Resumen

Con el objetivo de evaluar la adopción de tecnologías basadas en cultivos genéticamente modificados (GM) por técnicas de biotecnología moderna, se hizo para la cosecha 2010/2011¹ un estudio en el departamento de Córdoba sobre la adopción de algodón GM apilado. Con base en una encuesta estratificada por tipo de semilla (GM y convencional) y por tamaño del cultivo, se realizaron pruebas de media y análisis con variable dependiente binaria (Probit, Logit). Se encontró cómo los adoptantes tienen mayor capital y área sembrada que los no adoptantes, lo que indica un sesgo de la tecnología. Otras variables estadísticamente significativas están relacionadas con las características del cultivo de GM: menor ataque de plagas, menor costo de control de malezas, pero mayor pudrición de cápsulas.

Palabras claves: adopción de tecnología, cultivos transgénicos, algodón GM, Probit, Córdoba.

Abstract

In order to evaluate Genetically Modified (GM) strains, modified by modern biotechnology, we evaluated stacked GM cotton in Córdoba during the 2010/11 planting season. Based on a survey stratified by strain (GM and conventional) and farmer's size, we performed average and binary dependent analysis (Probit). We found that GM adopters have more capital and bigger planted area, suggesting biases in the technology adoption. Other significant results show the GM's effect in pest and weed control, but also showed higher cotton boll rottenness and smaller productivity.

Keywords: technology adoption; transgenic crops; GM cotton; probit; Córdoba.

1. Siembra en 2010, cosecha en 2011.

INTRODUCCIÓN

La biotecnología moderna es la más importante revolución tecnológica para la agricultura en los últimos 20 años. Después de un lento crecimiento, se reporta que en 2011 se sembraron 160 millones de hectáreas con semillas genéticamente modificadas (GM) en 35 países, especialmente en maíz, algodón y soya, y que a su vez, ya hay GM plantados en papa, alfalfa, tomate, calabaza y hasta el clavel y la rosa azul, que se siembran en Colombia [1]. El crecimiento de los cultivos GM ha sido frenado por las costosas y lentas pruebas de inocuidad que practica cada país, en cumplimiento de las leyes internas [2].

Este artículo forma parte de los resultados obtenidos mediante el proyecto LacBiosafety, cuyo objetivo es formar capacidades nacionales para evaluar la bioseguridad de variedades transgénicas (organismos genéticamente modificados por métodos de biotecnología moderna) en las naciones de América Latina. La Escuela Colombiana de Ingeniería se unió a este esfuerzo en el componente socioeconómico realizado en el país, junto con la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).

El objetivo de este artículo es analizar si el uso de semilla convencional o transgénica está relacionado con unas características particulares de los productores. En general, persiste la preocupación sobre si existen algunos limitantes sociales que impidan o limiten la utilización de las tecnologías por parte de los productores menos favorecidos.

El artículo se inicia con un resumen sobre el uso de variedades GM en Colombia, para continuar con la revisión de bibliografía reciente sobre el tema, para después describir la metodología de análisis econométrico utilizada (Probit) y las pruebas de media. Se presentan los resultados de la Probit y las pruebas de media, que indican que las diferencias entre los productores están más relacionadas con el sistema de producción que con sus características. Sin embargo, es posible identificar un interesante grupo de “agricultores profesionales” que arriendan la tierra y siembran grandes extensiones de algodón GM en terrenos arrendados con alta tecnología, pero no siempre con resultados superiores a los de semilla convencional.

ANTECEDENTES DE CULTIVOS GM

La primera siembra de una planta GM se efectuó en Colombia, con el clavel azul, aprobado en 2000. El algodón GM y la primera variedad de maíz GM se aprobaron en 2003 y 2007, respectivamente. Los cultivos GM aprobados para siembra comercial en el país se pueden apreciar más adelante (tabla 1).

El cultivo GM con mayor experiencia y mayor hectareaje sembrado en el país ha sido el algodón. En Colombia se diferencian dos zonas principales de siembra de algodón: la zona interior, que cubre principalmente a Tolima y Huila, y la Costa Atlántica, en la cual Córdoba es el principal productor, además de Sucre y Cesar. Las variedades genéticamente modificadas de algodón de

Tabla 1
OGM autorizados en Colombia para siembras comerciales

Cultivo	Tecnología	Característica	Compañía
Clavel azul		Color azul en los pétalos	International Flower Developments - PTY
Algodón	Bollgard	Resistencia a insectos (RI)	Monsanto
Algodón	Roundup Ready	Tolerancia a herbicidas (TH)	Monsanto
Algodón	Bollgard x Roundup Ready	(RI) + (TH)	Monsanto
Algodón	Bollgard x Roundup Ready Flex	(RI) + (TH)	Monsanto
Algodón	Bollgard II x Roundup Ready Flex	(RI) + (TH)	Bayer CropScience y Monsanto
Claveles azules		Color azul en los pétalos	International Flower Developments - PTY
Rosas azules		Color azul en los pétalos	International Flower Developments - PTY
Algodón	Roundup Ready Flex	Tolerancia a herbicidas (TH)	Monsanto
Algodón	LLCotton25	Tolerancia a herbicidas (TH)	Bayer CropScience
Soya	Roundup Ready	Tolerancia a herbicidas (TH)	Monsanto

Fuente: Agrobio, 2012.

la primera etapa presentaban resistencia a insectos, en especial al gusano rosado, lo que condujo a una drástica disminución en los costos de control de insectos. De acuerdo con el estudio referenciado, liderado por Zambrano [3], esta reducción fue drástica en la zona interior, pero en la zona de la Costa la principal plaga, el picudo, persistió. En la misma zona se encontró una fuerte variabilidad de ataque de insectos diferentes del gusano rosado, de tal manera que sumados los efectos de semilla más cara, disminución de costo de control de rosado y aumento en otros, no era rentable adoptar algodón GM [4]. En 2009 se introdujo el algodón con resistencia a Roundup Ready, y posteriormente Ready Flex, apilado sobre la resistencia a insectos; de esta manera se espera que se pueda utilizar labranza cero para la preparación del suelo y se tenga un control más barato de malezas [5].

Más adelante se muestra la evolución del área sembrada en algodón según zona y según si la variedad es transgénica o convencional. Se puede apreciar que en el interior, la adopción de transgénico fue rápida y estable, en cinco años se logró adopción total y ésta se ha mantenido; por el contrario, en la Costa la adopción se ha limitado a un grupo pequeño de productores y se presentan aumentos y disminuciones en ésta, así como una disminución en el área sembrada en algodón. Ante tal situación, cabe la pregunta de por qué no ha habido una adopción tan fuerte como en el resto del mundo (figura 1).

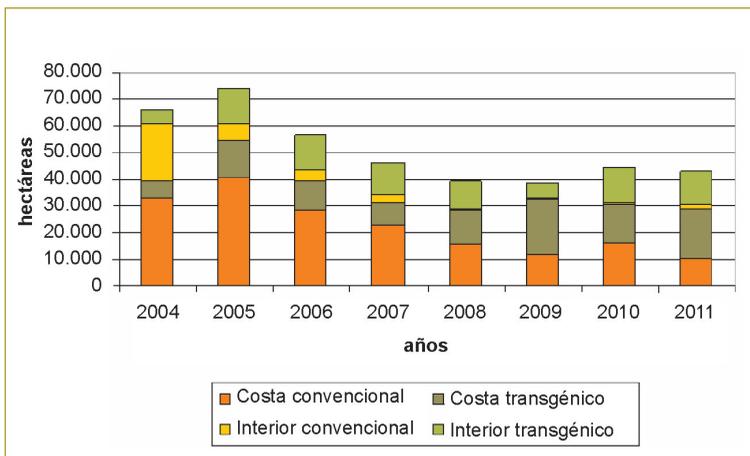


Figura 1. Colombia: adopción de algodón OGM 2004-2011.

Fuente: Elaborado por el estudio con base en datos de Conalgodón.

METODOLOGÍA

Los datos que se presentan se obtuvieron por medio de una encuesta realizada por el estudio en los municipios de Cereté, San Pelayo, Ciénaga de Oro, San Carlos, Montería, Cotorra, Loric y Chimá, en el departamento de Córdoba.

El método de muestreo fue el estratificado con afijación óptima. Los estratos corresponden a los dos grupos de productores identificados en la población: productores que sembraron semilla transgénica y semilla convencional en el segundo semestre de 2010, de un total de 2003 registrados en Conalgodón. En el diseño se consideraron el tamaño de la población, el tamaño de los estratos, la variabilidad dentro de cada estrato de la variable producción (100 kg/ha) y una confiabilidad del 95 %. De acuerdo con esto, había que encuestar a 161 productores: 120 de semilla convencional y 41 con semilla transgénica. Como se buscaba algo de comparabilidad con la encuesta de Zambrano [6] et al. (2009), se sumaron agricultores entrevistados en 2007, de tal manera que en total se entrevistó a 199 agricultores: 123 de semilla convencional y 76 productores con semilla GM.

El presente trabajo se ha beneficiado ampliamente de los artículos de Conalgodón y el Ifpri, relativos al algodón en Colombia y a revisiones bibliográficas sobre adopción de GM [7] [8] [9][10].

El artículo de Ifpri y Conalgodón trata del impacto socioeconómico de las variedades GM (en este caso se trataba de Bt) de algodón para Colombia e incluye las principales zonas productoras de algodón de Colombia (Costa Atlántica, Tolima-Huila y Valle del Cauca). En la parte de caracterización de los productores en la Costa Atlántica se utilizaron pruebas de media para calcular la significancia estadística de las diferencias entre los que adoptaron y no adoptaron.

Con base en una muestra de 78 agricultores con semilla convencional y 55 con semilla GM en Córdoba, se halló que el tamaño de los predios que utilizaban Bt era casi el doble de los de la variedad convencional. En cuanto a las condiciones socioeconómicas de los productores, se encontró que los que utilizaban Bt tenían mejores condiciones de vida, en materia de educación del cabeza de hogar y su cónyuge, así como por la calidad de la vivienda. Los adoptantes eran igualmente más jóvenes, tenían hogares con menos dependientes y poseían activos adicionales al terreno, ya fuera ganado bovino y aviar, cultivos permanentes o tractores. Los

agricultores que sembraban Bt le dieron altas calificaciones a la variedad GM.

En este estudio, al igual que [11] para el análisis de las características de los productores, se utilizó una prueba de medias tradicional para verificar si son diferentes los productores que adoptan variedades GM de los que manejan variedades convencionales. En lo que corresponde a los análisis de adopción utilizaron modelos binarios tipo Probit, método que se mantiene en la bibliografía reciente sobre el tema [12] [13] [14] [15] [16].

Los parámetros se pueden obtener a partir de un modelo de escogencia discreta que utilizó McFadden, Premio Nobel de Economía por esta contribución [17]. En los modelos de elección binaria se presume que los individuos se enfrentan con una elección entre dos opciones y la elección depende de características identificables [18]. Se argumenta que dichos modelos se refieren a decisiones que involucran “deseo” y “capacidad”. Consecuentemente, un modelo como el expresado contendrá variables explicativas de ambos elementos o atributos.

Para explicar el modelo, se toma a Pedrosa [19]; considérese el modelo de un productor que debe tomar la decisión de adoptar o no una tecnología. En su decisión entran en juego consideraciones tales como la rentabilidad de la tecnología (efectos en beneficios y costos) y también factores sociales como gustos y preferencias en cuanto a manejo de plaguicidas, disminución de uso de mano de obra familiar, etc.

El marco de escogencia discreta postula que el productor conoce su utilidad U_{ij} pero que el investigador sólo puede observar esta función con errores, generalmente resultantes de la omisión de variables o de variabilidad derivada por los productores. El componente observado de la utilidad está dado por $V_{ij} = V_{ij}(\pi_{ij}(x_{ij}, A_j))$ y la utilidad no observada es

$$U_{ij} = V_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (3)$$

Donde ε_{ij} es un término de error iid con media 0.

El productor j escoge el vector de adopción x si y sólo si

$$U_{ij} \geq U_{kj} \text{ para todo } k \neq i \text{ en } S \quad (4)$$

Para el análisis, esta escogencia es una variable aleatoria y la probabilidad de que se escoja x_i está dada por

$$\Pr \{V_{ij} + \varepsilon_{ij} \geq V_{kj} + \varepsilon_{kj}\} \forall k \neq i \quad (5)$$

Si los ε_i son distribuidos idéntica e independientemente (idd) como variables tipo I, la probabilidad de que un individuo adopte está dada por:

$$\Pr \{V_{ij} - V_{kj} + \varepsilon_{ij} \geq \varepsilon_{kj}\} = \frac{\exp(V_{ij})}{\sum_k \exp(V_{kj})} [20] \quad (6)$$

Los datos que se utilizan en este trabajo se obtuvieron en una encuesta hecha por el equipo de trabajo en Cereté y municipios aledaños, en el departamento de Córdoba. Se realizó un muestreo estratificado por variedad usada por el productor y tamaño (pequeño, mediano y grande) sobre datos obtenidos de Conalgodón. Se entrevistó en total a 199 productores, de los cuales 103 utilizaban semilla convencional y 76 usaban variedades GM. La encuesta se hizo en el segundo semestre de 2011 y los datos obtenidos corresponden a la cosecha 2010/2011.

Resultados

Caracterización de los productores adoptantes vs. los no adoptantes de variedades GM

La zona de estudio tiene características que las distinguen de otras regiones, en particular la alta proporción de productores pequeños, con bajo nivel socioeconómico, que dependen en gran medida de la producción agropecuaria. Tal como se puede apreciar (tabla 1), la distribución de la tierra utilizada para algodón es muy inequitativa, pues mientras la mayoría de los productores siembra pequeñas superficies (61,3 %), esto corresponde a sólo el 16,6 % del área. Los grandes productores, con áreas sembradas superiores a 10 ha, constituyen el 12,1 % de los productores y controlan el 58,1 % del área.

Tabla 2
Córdoba: cosecha 2010/2011
Distribución del área sembrada de algodón

Tipo productor	Área sembrada		Productores	
	ha	%	Número	%
Grande > 10 ha	12.254	58,1	262	12,1
Mediano >3 <10 ha	5337	25,3	577	26,6
Pequeño 0<3 ha	3505	16,6	1327	61,3
	21.096	100,0	2166	100,0

Fuente: CCI.

Acceso a recursos

Más adelante se presentan los análisis realizados con respecto al acceso a recursos, indicadores que reflejan el nivel de vida de los productores. Cabe anotar que hay diferencias significativas en cuanto a la propiedad del terreno. En promedio, es mayor la proporción de productores de GM que plantan en terreno arrendado, en tanto que los productores con semilla convencional siembran en terrenos propios. Lo mismo sucede con la vivienda: es mayor la incidencia de arriendo para productores GM, en tanto que es mayor la proporción de productores convencionales que tienen casa propia. La propiedad de ganado es mayor para los productores con variedades convencionales, contrario a lo que encontraron [21]. Estos indicadores no muestran un mejor nivel de vida de los adoptantes.

Tabla 3
Comparación entre adoptantes y no adoptantes

	Convencional	OGM	
Terreno propio	67,48	54,29	**
Terreno arriendo	57,38	63,01	
Casa propia	87,10	78,67	*
Casa arriendo	10,48	16,22	
Ganado	26,61	22,67	
Automóvil	8,87	24,00	***
Tractor propio	5,65	13,33	**
Sembradora propia	5,65	5,33	
Fumigadora propia	2,42	4,00	
Arado propio	2,42	6,67	*
Cinzel propio	0,00	4,00	**
Cosechadora propia	0,81	4,00	*

Fuente: Encuesta propia. *Significativo al 10 %. **Significativo al 5 %. ***Significativo al 1 %.

La propiedad de maquinaria es claramente mayor para los productores GM; sin embargo, las proporciones son bajas, lo que refleja un sistema basado sobre todo en el arriendo de maquinaria.

En cuanto al acceso a la tierra, se muestra a continuación que no hay diferencia en términos del área sembrada propia, mas sí la hay en cuanto a la cantidad de tierra arrendada; se percibe que el productor con variedades GM arrienda un área considerable, en promedio casi 9 ha (tabla 4).

Tabla 4
Total de hectáreas según forma de tenencia

	Convencional	OGM
Propias	2,250403226	1,718666667
Arrendadas	1,591935484	8,949333333***
Total de hectáreas según forma de tenencia	3,84233871	10,668***

Fuente: Encuesta propia. *Significativo al 10 %. **Significativo al 5 %. ***Significativo al 1 %.

A renglón seguido se presentan los ingresos mensuales de los productores, pregunta que cubrió todos los ingresos, incluyendo aquellos no derivados del sector agropecuario. Ahí es evidente que el 94 % de los productores con semilla convencional ganan menos de dos salarios mínimos, en tanto que el porcentaje es de sólo el 61 % en los productores de GM. Es decir, hay una fuerte incidencia de pobreza en los dos casos; sólo es un poco mejor en el caso de los que siembran GM (figura 2).

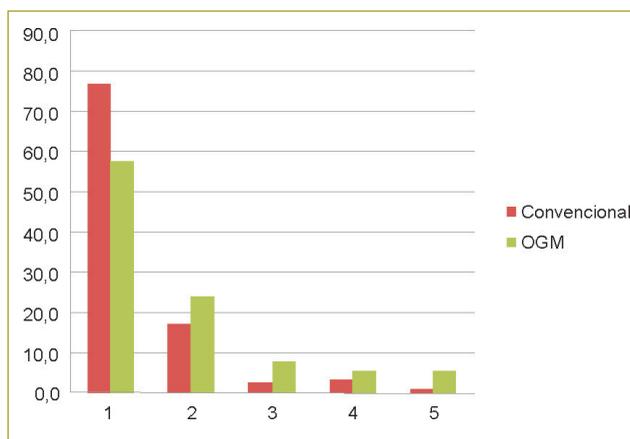


Figura 2. Córdoba: ingreso familiar de productores según número de salarios mínimos (porcentaje de productores).

Fuente: Encuesta propia.

El análisis de las diferencias en los ingresos de los productores (tabla 5) muestra que los agricultores que siembran variedades GM tienen mayores ingresos tanto de sus actividades agrícolas como de otras actividades en otros sectores.

Tabla 5
Córdoba 2010/2011: indicadores de ingresos de los productores de algodón según variedad (expresadas en pesos)

	Convencional	GM
Ingreso de algodón	2.293.282	3.615.707
Ingreso anual de otros cultivos	1.563.855	1.978.240
Porcentaje no agrícola	918.548	1.403.520
Total otros	2.482.403	3.381.760
Gran total	4.775.685	7.092.027
Porcentaje del ingreso que depende de algodón	0,5217801	0,527604847

Fuente: Encuesta propia.

Indicadores sociales

A continuación se presentan los indicadores de edad (figura 3) y de educación de los productores (figura 4). El primer punto que salta a la vista es la edad de los productores de algodón en la región. Hay una proporción demasiado baja de productores jóvenes, pues sólo el 8,1 % de los productores tiene menos de 35 años. Hay una diferencia entre los productores de las dos clases de variedades en cuanto a la importancia de productores en edad madura; es mayor la proporción de productores de GM en el rango de 35 a 45 años, en tanto que los productores de variedades convencionales tienden a ser mayores (55 a 65 años). Los rangos de edades indican una población vieja en el campo.

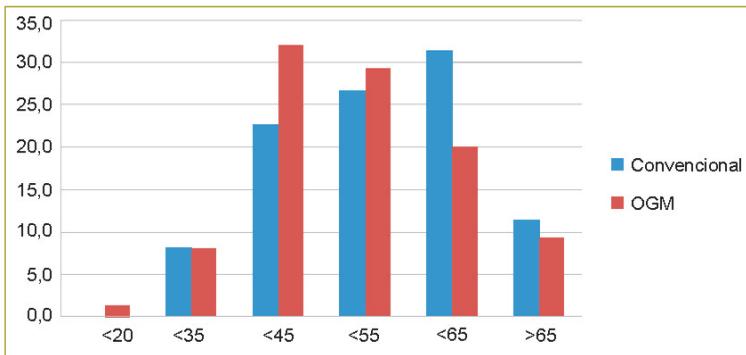


Figura 3. Córdoba: rango de edades de productores de algodón según semilla (%).

Fuente: Encuesta propia.

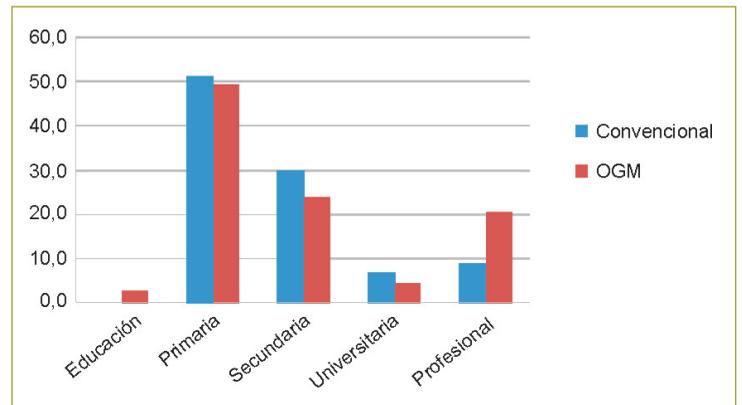


Figura 4. Córdoba: educación de los productores de algodón según semilla (%).

Fuente: Encuesta propia.

En cuanto a los niveles de educación, se evidencia un grupo de profesionales importante entre los productores de GM; sin embargo, el grueso de la población es de muy bajo nivel educativo, algunos incluso analfabetos.

En correspondencia con el indicador anterior está la experiencia en el cultivo del algodón (figura 5). La mayoría tiene más de 20 años de experiencia. Son muy pocos los que tienen menos de cinco años de experiencia en el cultivo.

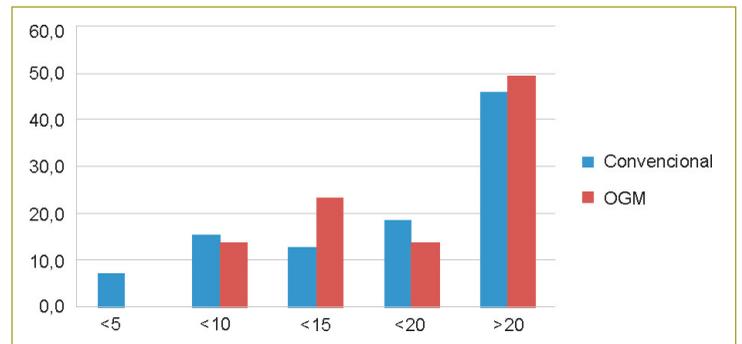


Figura 5. Córdoba: años de experiencia en el cultivo de algodón según semilla (%).

Fuente: Encuesta propia.

Finalmente, se revisó el número de familiares que trabajan en el cultivo de algodón (figura 6). De acuerdo con los estudios previos sobre rentabilidad del cultivo de GM, las variedades resistentes a herbicidas son de alta aceptación debido a la disminución de la demanda de mano de obra para la limpieza de malezas. En la figura se evidencia que el cultivo sigue siendo una actividad

familiar y que no hay grandes diferencias entre unos productores y otros.

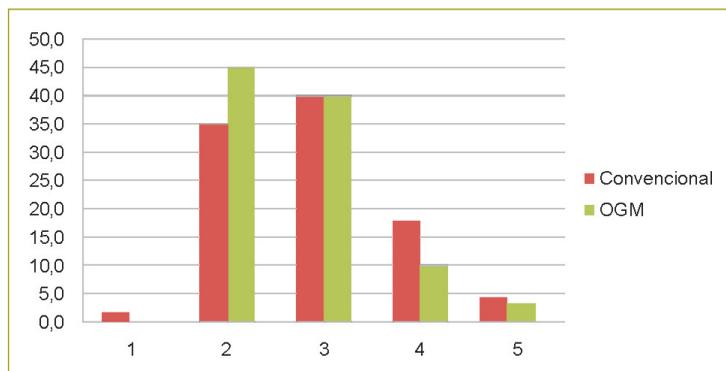


Figura 6. Córdoba: número de familiares que colaboran con el cultivo según tipo de semilla.

Fuente: Encuesta propia.

Productores “profesionales”

Los resultados del análisis anterior no corresponden a los análisis tradicionales de adopción, en los que se han encontrado dificultades para que el pequeño agricultor tenga acceso a las tecnologías, en especial por su falta de recursos para la compra de semilla. Seguidamente se muestran los tamaños de los productores entrevistados según variedad (tabla 6). Los grandes productores tienen una clara preferencia por las variedades GM, pero el grueso de los productores de la región son pequeños; es así como el 71 % de los productores de GM son pequeños.

Tabla 6
Córdoba: distribución por tamaño de los productores entrevistados

	Convencional	GM
Pequeño	94,4	70,7
Mediano	4,0	18,7
Grande	1,6	10,7

Fuente: Encuesta propia.

Al analizar estos resultados se plantea que la dicotomía no se establece entre productores grandes y pequeños, sino entre productores “profesionales” y productores de bajos recursos. En efecto, se logró

establecer un grupo de quince productores con las siguientes características:

- Variedad: transgénica
- Edad promedio: 40,8 años
- Educación: universitario graduado
- Arrenda terreno: sí (100 %)
- Terreno propio: sí (28 %)
- Vive en la finca: sí (7 %)
- Tiene automóvil: sí (71 %)
- Área promedio total: 31,3 ha
- Rendimiento promedio: 2166 t/ha
- Visita asistente técnico: semanal o quincenal

Se trata de profesionales que aplican sus conocimientos a la producción de algodón transgénico y cuentan con recursos adicionales al crédito de la agremiación. Este grupo, aunque pequeño, responde por el 37 % del área entrevistada.

No obstante, sus resultados productivos fueron muy dispersos. Uno de ellos perdió la producción por el invierno; los siete con menor producción tuvieron un rendimiento promedio de 1309 t/ha, en tanto que los ocho con mejores productividades obtuvieron en promedio 2645 t/ha. Debe aclararse que la cosecha 2010/2011 presentó fuertes problemas por exceso de lluvias; algunas zonas se inundaron y hubo pérdidas totales. Sin embargo, estas cifras no muestran una superioridad productiva de las variedades GM.

Decisión de adoptar variedades GM

Más adelante es posible apreciar las salidas de los análisis con variable dependiente dicotómica Probit (tabla 7).

La variable dependiente es adopción de variedades GM, que toma el valor de 0 cuando el productor utiliza variedades convencionales y el valor de 1 cuando usa variedad GM.

Se postularon las siguientes variables como explicativas de adopción:

- **Variables sociales:** edad, educación (educ), experiencia (exp).
- **Variables económicas:** porcentaje del ingreso que depende del algodón (porcentaje), ingresos del productor (ingreso), área sembrada (área_total) y crédito.

Tabla 7
Modelo variable dependiente binaria-Probit con variable dependiente variedad

Variable	Coefficient	Std. Error	
C	-4.061721	1.666459	**
EDAD	0.019130	0.022708	
EDUCACION	0.014126	0.052882	
EXP	-0.003393	0.023237	
PORCENTAJE	0.019072	0.011688	
INGRESO	-0.194573	0.234531	
AREA_TOTAL	0.109735	0.063150	*
CREDITO	5.85E-07	2.94E-07	**
RENDIMIENTO	0.000322	0.000244	
PICUDO	0.259550	0.098755	***
SPODOPTERA	-0.092609	0.153334	
ROSADO	-0.584161	0.206792	***
ROUNDPT	0.983866	0.267670	***
TJORNCONTROLMALEZAS	-0.159040	0.036371	***
COMPACTADO	0.105292	0.391997	
INUNDACION	0.446228	0.422895	
DRENAJE	0.308517	0.457250	
RESIEMBRA	-0.314644	0.411722	
PUDCAPSULAS	1.536012	0.496989	***
McFadden R-2	0.718768	Prob(LR statistic)	0.000000
Obs con Dep=0	121	Total obs	195
Obs con Dep=1	74		

Robust standard errors in parentheses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

- **Variables productivas:** rendimientos, número de aspersiones contra las siguientes plagas: picudo, *Spodoptera frugiperda*, y rosado, total de herbicida roundup utilizado (roundpt). Estas variables corresponden a la hipótesis de que las variedades GM tienen menor número de aspersiones contra rosado y mayor utilización de herbicida, que a la postre les permite rebajar el trabajo familiar y propio y bajar los costos de control de maleza. Con respecto a esta última, se midió con número total de jornales para controlar maleza (Tjorncontrolmalezas).
- **Variables relacionadas con la calidad del terreno** (en particular por los problemas de inundaciones del año analizado), las cuales se tomaron como variables binarias que tomaron el valor de 1 cuando existía el problema: suelo compactado (compactado), suelos con problemas de inundación (inundación), suelo

con problemas de drenaje (drenaje), resiembra (resiembra) y pudrición de cápsulas (pudrcápsulas).

Hay un excelente ajuste de la ecuación. Los resultados muestran que la adopción está positivamente relacionada con el área: a mayor tamaño de área sembrada, mayor probabilidad de adoptar. Así mismo, está positivamente relacionada con el crédito. Esto dice que a mayor tamaño de la siembra y el crédito obtenido, mayor la probabilidad de usar transgénico. Se destaca que las otras variables sociales y económicas no fueron significativas: no influyen la educación ni la edad, ni la experiencia como agricultor.

Los otros factores que explican la adopción están relacionados con el sistema productivo: una significativa disminución del número de aspersiones contra rosado, y el aumento en picudo, con respecto a otras plagas

no fue significativo. Tal como era de esperar, los que adoptan GM tienen mayor uso de roundup que los que utilizan semilla convencional.

Por último, se encontró que la adopción de GM está estadísticamente relacionada con una mayor productividad por hectárea y con mayor pudrición de cápsulas.

Los resultados anteriores llevaron a la revisión de la importancia de la variedad en la productividad, pues se podía configurar un problema de endogeneidad que invalidara las estimaciones de rentabilidad. En el estudio se encontró que sí hay problemas y que el capital es una variable altamente determinante de la productividad. De esta manera, la alta productividad de las variedades GM se explica por el mayor uso de capital de los productores y no se puede asignar en su totalidad a la variedad [22].

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los cambios tecnológicos en la agricultura han permitido incrementos en producción y productividad y mayor capacidad para alimentar una población creciente. Sin embargo, la tecnología puede tener efectos perversos en la capacidad de los pequeños productores agrícolas para salir de la pobreza y lograr un desarrollo autosostenido. Este parece ser el caso de los pequeños productores de algodón en Córdoba, la principal zona de producción de algodón del país.

Los resultados muestran que, aunque adoptaron semillas GM tanto agricultores grandes como pequeños, los grandes evidentemente prefieren las semillas GM. Entre éstos se identificó además un grupo con alta educación (profesionales, en contraste con alto analfabetismo y sólo educación primaria de la muestra), medianas a grandes extensiones, terreno arrendado y mayor acceso al crédito.

El análisis Probit muestra que la adopción está positivamente correlacionada con el área sembrada y el crédito. No hay relación estadísticamente significativa entre adopción y edad, educación ni experiencia en el trabajo.

De acuerdo con lo esperado se encontraron algunos aspectos técnicos relacionados con los cultivos GM, como la reducción de aspersiones contra rosado, la disminución de uso de jornales para el control de malezas y el aumento en el uso de roundup. En esta cosecha, la variedad GM está correlacionada con aumento en aspersión contra picudo y pudrición de cápsulas, resultantes de lluvias excesivas en la región. Debe anotarse

que el picudo es la principal plaga del algodón en esta región y que la falta de protección del GM contra esta plaga afecta las condiciones de rentabilidad del GM. La pudrición de cápsulas insinúa la importancia de revisar la adaptación de las variedades GM comercializadas en la Costa Atlántica en cuanto a su adaptación a climas lluviosos.

REFERENCIAS

- [1] Agrobio (2012). Información general cultivos Gm Colombia y el mundo. <http://www.agrobio.org/fend/index.php?op>. Consultado agosto 2012.
- [2] Falck-Zepeda, J., Sanders, A., Trabanino, C.R. & Batallas-Huacon, R. (2012). Caught between Scylla and Charybdis: Impact Estimation Issues from the Early Adoption of GM Maize in Honduras. Borrador próximo a publicarse.
- [3] Zambrano, P., Fonseca, A., Cardona, I. & Magalhaes, E. (2009). The socioeconomic impact of transgenic cotton in Colombia. In N. Hanley (ed.), *Routledge Explorations in Environmental Economics*. University of Stirling, 274 pp.
- [4] Bernal Ordóñez, S. (2010). Efectos del algodón Bt sobre el control de insectos en Córdoba: un estudio comparativo sin y con el uso de esta tecnología, periodos 2001-2002, 2006-2007, 2007-2008. Tesis de economía. Escuela Colombiana de Ingeniería.
- [5] Agrobio, *op. cit.*
- [6] Zambrano et al., *op. cit.* (2009).
- [7] Zambrano, P. & Falck Zepeda, J. (2009). Biosafety and socioeconomic evaluation of GE crops. International Food Policy Research Institute. En Curso - Taller LACBio. Palmira, 9-12 de noviembre, CIAT.
- [8] Smale, M. (2009). Measuring the economic impacts of transgenic crops in developing agriculture during the first decade.
- [9] Yerramareddy, I. & Zambrano, P. (2008). Economics literature about the impacts of genetically engineered crops in developing economies.
- [10] Zambrano, P., Cardona, I., Fonseca, A., Magalhaes, E. & Falck-Zepeda, J. (2009). Insect resistant cotton in Colombia: Impact on farmers. Ifpri, Conalgodón. En Curso - Taller LACBio. Palmira, 9-12 de noviembre, CIAT.
- [11] Falck-Zepeda, *op. cit.*
- [12] Martínez, A., Baquero, I., Bernal, S., Cardozo, F., Agudelo, B., Rivera, J.J., Mañunga, A., Morales, A., Gómez, J. & Barragán, E. (2012). Los estudios de adopción e impacto de tecnologías agrícolas de manejo de suelos en el cultivo del algodón en el valle cálido del Alto Magdalena. Corpoica, 115 pp.
- [13] Bonabana-Wabbi, J. (2002). Assessing Factors Affecting Adoption of Agricultural Technologies: The Case of Integrated Pest Management (IPM) in Kumi District, Eastern Uganda Thesis submitted to the faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Agricultural and Applied Economics. Blacksburg, Virginia.
- [14] Ketema, M. & Bauer, S. (2012). Factors Affecting Intercropping and Conservation Tillage Practices in Eastern Ethiopia. *Agris on-line Papers in Economics and Informatics*, vol. IV, N.º 1.
- [15] Timu, A.G., Mulwa, R., Okello, J. & Kamau, M. (2012). The Role of Varietal Attributes on Adoption of Improved Seed Varieties. The Case of Sorghum in Kenya. Selected paper prepared for presentation at the Agricultural & Applied Economics

Association's 2012 AAEA Annual Meeting. Seattle, Washington, August 12-14.

[16] Uematsu, H., Mishra, A.K., Roberts, R.K., Lambert, D.M. & English, B.C. (2011). Motivation for Technology Adoption and Its Impact on Abandonment: A Case Study of U.S. Cotton Farmers. Southern Agricultural Economics Association, 2011 Annual Meeting, February 5-8, 2011, Corpus Christi, Texas.

[17] McFadden, D. (1974). Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. In P. Zarembka (ed.). *Frontiers in econometrics*. Nueva York: Academic, pp.105-142.

[18] Maddala, G.S. (1993). *Limited Dependent and Qualitative Variables in Econometrics*. Cambridge University Press.

[19] Pedrosa, R., Baquero, I. & Hueth, D. (2003). The design and evaluation of integrated pest management with multiple components: green beans in Sumapaz, Colombia. *Working paper*, Corpoica.

[20] Maddala, *op. cit.*

[21] [3] Zambrano, P., Fonseca, A. Cardona, I. & Magalhaes, E. (2009). The socioeconomic impact of transgenic cotton in Colombia. In N. Hanley (ed.). *Routledge Explorations in Environmental Economics*. University of Stirling, 274 pp.

[22] Baquero Haberlin, I., Jiménez, A. & Cardozo Puentes, F. (2012). La endogeneidad en los estudios de adopción. El caso del algodón OGM en Córdoba, Colombia (en preparación).

GeoGebra como apoyo a la solución de problemas matemáticos

GeoGebra as a support tool for mathematical problems

ALFONSO MELÉNDEZ ACUÑA

Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

alfonso.melendez@escuelaing.edu.co

Recibido: 10/10/2014 Aceptado: 23/02/2015

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

Resumen

La solución de problemas se ha venido investigando en la educación matemática desde hace más de 60 años, con los trabajos pioneros de George Pólya (Pólya, 1965). Los cuatro pasos que él plantea: **entender el problema, diseñar un plan, llevarlo a cabo y mirar hacia atrás** siguen siendo aplicables en muchas instancias. En los últimos años, el surgimiento de la matemática dinámica ha potenciado las capacidades creativas y heurísticas del estudiante, permitiéndole la construcción inmediata de objetos matemáticos, sus relaciones y su manipulación interactiva (Christou, Mousoulides, Pittalis & Pitta-Pantazi, 2005); esto ha generado un gran interés en la construcción de escenarios dinámicos de aprendizaje, para apoyar las etapas del proceso de solución de problemas. En este artículo se presenta una aproximación didáctica a la actividad de solución de problemas usando GeoGebra¹, una de las herramientas de matemática dinámica más populares.

Palabras claves: matemática dinámica, GeoGebra, solución de problemas, geometría.

Abstract

Problem solving has been researched in mathematics education since the pioneering works of George Pólya (Pólya, 1965) over 60 years ago. His four proposed steps: understanding the problem, designing a plan, carry out the plan, and looking back are still applicable in many aspects. In the last years, the rise of dynamic mathematics has fostered the creative and heuristic abilities of students, allowing them to construct mathematical objects, their relations, and the interactive manipulation immediately (Christou, Mousoulides, Pittalis & Pitta-Pantazi, 2005), this has generated a great interest in the construction of dynamic settings for learning in order to support the different stages of the problem solving process. This article provides a didactic approach to problem solving using GeoGebra, one of the most popular tools for dynamic mathematics.

Keywords: dynamic mathematics; GeoGebra, problem solving; geometry.

1. www.geogebra.org.

INTRODUCCIÓN

*Primero conjeture, luego pruebe.
Las matemáticas acabadas consisten en pruebas,
pero las matemáticas en su fabricación
se basan en conjeturas.*
(Pólya, 1965)

El ambiente de matemática dinámica (GeoGebra) es muy útil como herramienta didáctica y conceptual en las etapas de la metodología de solución de problemas matemáticos sugeridos por George Pólya.

Dado un problema matemático es posible **entenderlo** a través de la construcción de un modelo dinámico, donde se explicitan sus objetos y sus relaciones; usando este modelo, el estudiante puede desarrollar conjeturas que lo lleven a **diseñar un plan** dirigido a la validación de éstas. Para **llevar a cabo el plan** se construyen las llamadas pruebas visuales, que verifican la corrección de la solución al problema. Finalmente, al **mirar hacia atrás** se pueden descubrir nuevas propiedades de los objetos involucrados en el enunciado del problema.

Para ilustrar lo anterior desarrollaremos la metodología de Pólya, apoyada con GeoGebra, en la solución de un problema geométrico.

EL PROBLEMA

Un elemento importante para desencadenar un proceso de prueba o la solución de un problema es la duda en el resultado. El profesor, como agente regulador, debe enfatizar en que la solución de un problema no aparezca como un lujo o ejercicio intelectual sino como una necesidad propia de la actividad matemática; para ello la formulación del problema no debe contener la respuesta sino ser un “problema abierto”, el enunciado no debe prever el resultado.
(Radford, 1994)

El problema (abierto) que vamos a considerar es el siguiente:

Construir un círculo con centro C, definir dos puntos sobre éste situados en la parte inferior del círculo (A y B). Unir A con C y B con C, formando un ángulo central (\sphericalangle ACB) (figura 1). Definir un punto D en la parte superior del círculo, unir A con D y B con D, formando un ángulo inscrito (\sphericalangle ADB) (figura 2).

Preguntas

- ¿Qué relación existe entre los dos ángulos?
- ¿Se mantiene esta relación si A, B y D cambian de posición en el círculo?

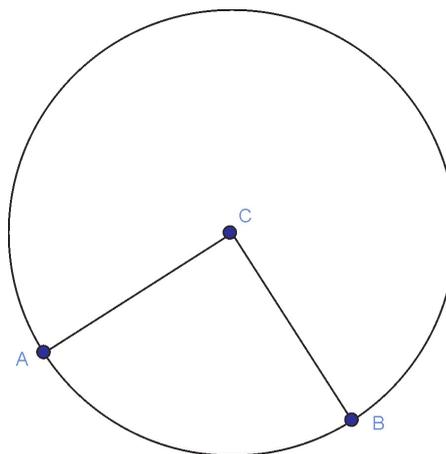


Figura 1.

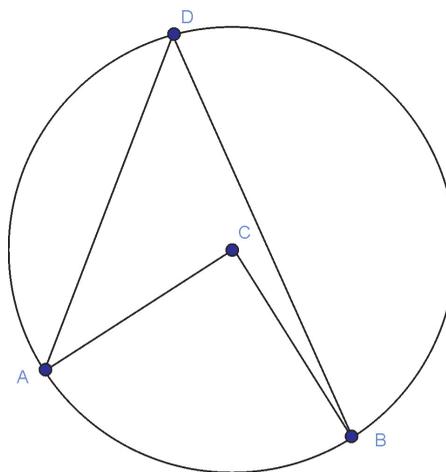


Figura 2.

Paso 1. Entender el problema

Para ello se construye en GeoGebra un modelo dinámico del problema (figura 3), el cual permite hacer lo siguiente:

- Visualizar dinámicamente el enunciado del problema.
- Alimentar el modelo con medidas de segmentos y ángulos que ayudan a la formulación de conjeturas.
- Analizar múltiples casos del problema, “arrastrando” los elementos (puntos, círculo).

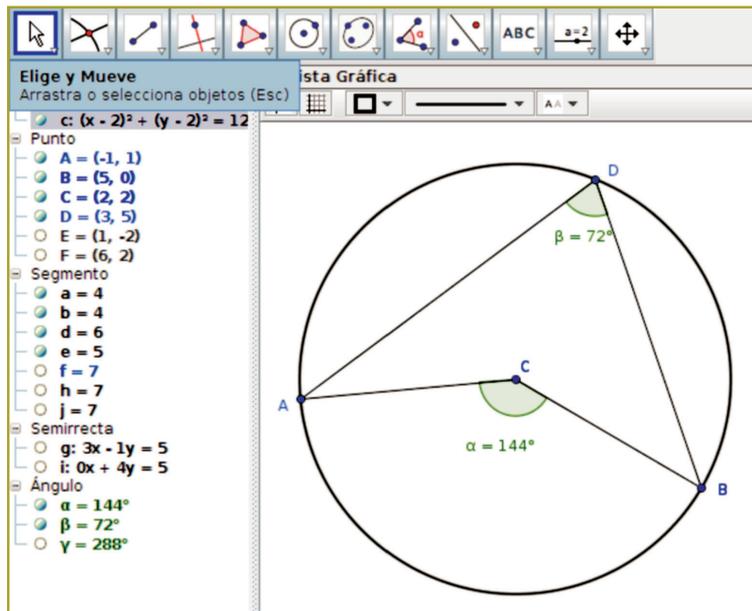


Figura 3.

Paso 2. Diseñar un plan

Teniendo el modelo dinámico (si es el caso, con ayuda del profesor) se puede conjeturar acerca de la relación entre los ángulos α y β . En este caso, el ángulo central (α) es el doble del ángulo inscrito (β) si el punto D está en la parte superior del círculo; sin embargo, esta relación no se mantiene si el punto D se coloca por debajo de los puntos A y B (figura 4).

Paso 3. Llevar a cabo el plan

“Si no se puede resolver un problema directamente, trate de resolverlo en casos especiales significativos y piense en preguntas pertinentes que pueden llevarlo cada vez más cerca de la solución general” (Pólya, 1965).

El modelo dinámico facilita analizar casos especiales que lleven a entender la relación general entre los ángulos; una idea que puede surgir es colocar A y D diametralmente opuestos (figura 5).

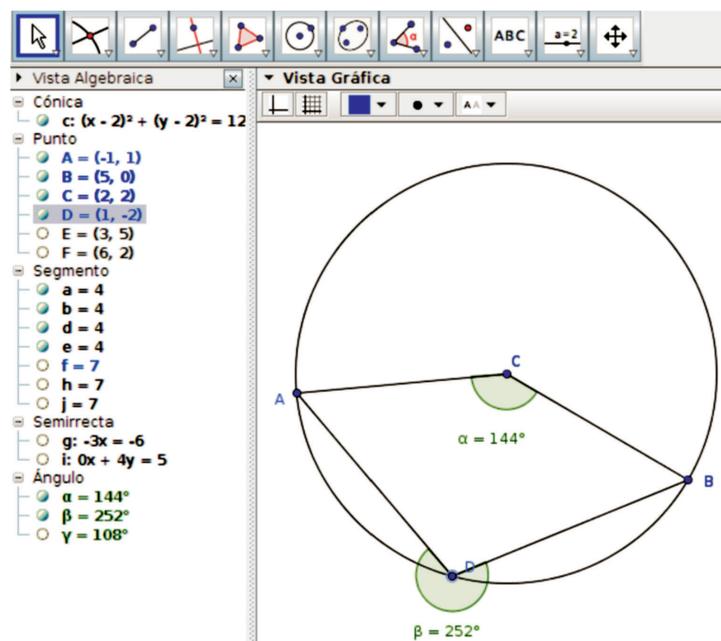


Figura 4.

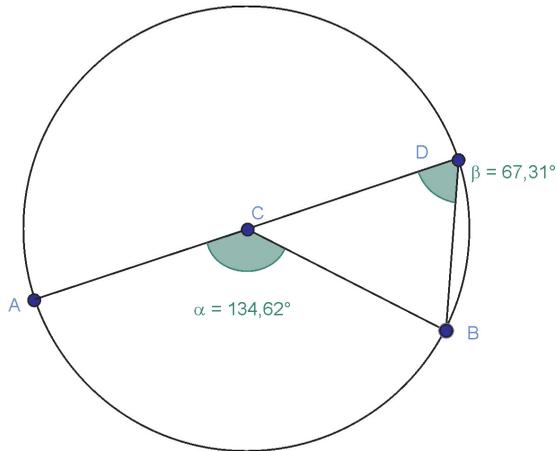


Figura 5.

En este caso, es fácil ver que BCD es un triángulo isósceles y el ángulo central es el ángulo exterior al triángulo, luego claramente $\alpha = 2\beta$. ¿Cómo pasar de este caso al caso general? Al construir el diámetro que pasa por D y el centro C y mover el punto D, obtenemos una figura de donde el estudiante puede sacar fácilmente la prueba del resultado, considerando los triángulos isósceles DCA y BCD y observando que los ángulos $\angle ACE$ y $\angle ECB$ son ángulos exteriores a los respectivos triángulos, resolviendo así el problema en caso de que D esté en la parte superior (figura 6).

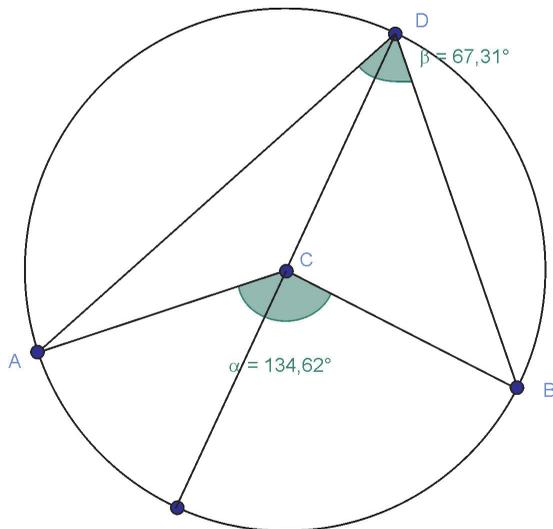


Figura 6.

Paso 4. Mirando hacia atrás

Al analizar el proceso realizado, podemos encontrar la solución al caso en que el punto D se encuentra en la

parte inferior. Un caso especial que puede ser útil es cuando A y B son diametralmente opuestos. En este caso, el ángulo formado en D es recto (este resultado se conoce como teorema de Tales). Al construir en GeoGebra el punto simétrico a D (D') con respecto al centro C y unir A y B con D', obtenemos la siguiente figura (figura 7):

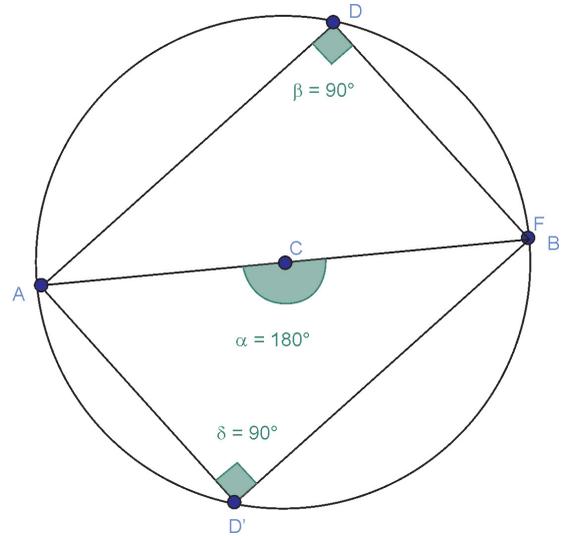


Figura 7.

Aquí se observa que los ángulos internos en D y D' son rectos, y **arrastrando** A y B podemos observar que la suma de estos dos ángulos (β y δ) siempre es igual a dos rectos (figura 8).

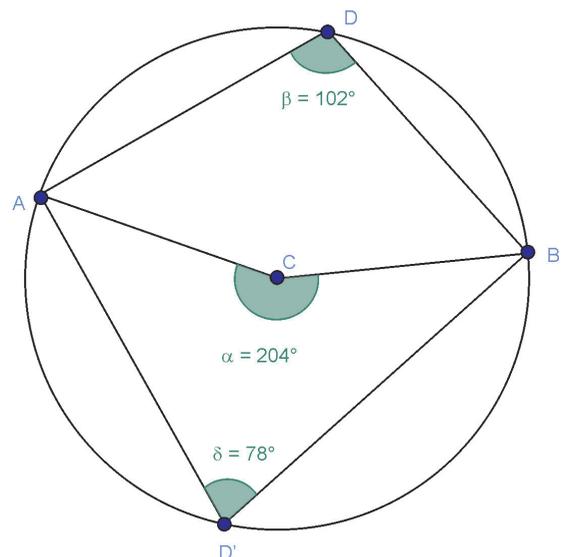


Figura 8.

La relación de los ángulos en este caso sería $\alpha = 180^\circ - \beta/2$.

CONCLUSIONES

- La matemática dinámica permite visualizar objetos matemáticos en movimiento y desarrollar una comprensión visual de los conceptos matemáticos y las relaciones entre ellos (Moreno-Armella & Kaput, 2008).
- Una vez desarrollada una comprensión de los objetos y sus relaciones, se puede pasar a la fase de “recoger” datos para probar las conjeturas, mediante el arrastre de los objetos del modelo en GeoGebra.

- GeoGebra es un entorno de trabajo adecuado para la solución de problemas geométricos.

REFERENCIAS

- Christou, C., Mousoulides, N., Pittalis, M., & Pitta-Pantazi, D. (2005). Problem solving and problem posing in a dynamic geometry environment. *The Montana Mathematics Enthusiast*, 2(2), 125-143.
- Moreno-Armella, L., Hegedus, S.J. & Kaput, J. J. (2008). From static to dynamic mathematics: historical and representational perspectives. *Educational Studies in Mathematics*, 68(2), 99-111.
- Pólya, G. (1965). *Cómo plantear y resolver problemas*. México: Trillas.
- Radford, L. (1994) La enseñanza de la demostración: aspectos teóricos y prácticos. *Educación Matemática*, 6 (3), 21-51.

Qué es *Business Process Management* (BPM). Definiciones y conceptos

What is Business Process Management (BPM). Definitions and Concepts

CLAUDIA YADIRA RODRÍGUEZ RÍOS

Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

claudia.rodriguez@escuelaing.edu.co

Recibido: 25/11/2014 Aceptado: 01/03/2015

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

Resumen

En este artículo se define de manera clara y concreta el *Business Process Management* (BPM), para lo cual se hizo una revisión sistemática estructurada, con búsquedas en cuatro bases de datos científicas: ScienceDirect, Emerald, ProQuest y EBSCO, y sólo se emplearon artículos científicos completos publicados en revistas indexadas. De este análisis se concluye que el BPM es un sistema integrado de gestión basado en procesos, que utiliza sistemas de información especializados y cubre todos los procesos operativos y de negocio de la organización para hacerla más productiva y competitiva, asegurando un mejoramiento continuo y un mantenimiento permanente de los procesos acorde con la estrategia de la empresa.

Palabras claves: *Business Process Management*, concepto, BPM, procesos, gestión, tecnología.

Abstract

This document defines in a clear and concrete manner what Business Process Management (BPM) is. In order to achieve this, a systematic structured review was done searching four scientific databases: ScienceDirect, Emerald, ProQuest, and EBSCO and using only full articles published in indexed journals. From this analysis it can be concluded that BPM is an integrated management system based on processes that uses specialized information systems and covers up every operative and business process in an organization to make it more productive and competitive, thus ensuring a continuous improvement and a permanent maintenance of processes according to the organization's strategy.

Keywords: business process management, concept, BPM, processes, management, technology.

INTRODUCCIÓN

Este es un estudio de tipo teórico, en el que se hizo una revisión bibliográfica con el objetivo de definir el significado de *Business Process Management* (BPM). En la bibliografía consultada se presentan diferentes enfoques para definir BPM; están quienes lo asocian con tecnologías de información (TI) (Rosemann & Bruin, 2005; Harmon, 2010), o los que se centran en el apoyo a los procesos del negocio a través de sistemas de información (SI) (Reijers, 2003); otros que incluyen aspectos organizacionales donde declaran que los procesos de negocios están apoyados por la gente de la organización (Pritchard & Armistead, 1999; Zairi, 1997; Jeston & Nelis, 2008), y otros autores consideran que BPM es el arte y la ciencia de supervisar la forma como se realiza el trabajo en una organización para asegurar resultados consistentes y tomar ventaja de las oportunidades de mejora (Dumas et al., 2013). En este artículo se aporta una propuesta para dar una definición formal sobre BPM, soportada en la bibliografía que se ha venido desarrollando.

La metodología consistió en una revisión bibliográfica sistemática, en la que sólo se tuvieron en cuenta artículos completos de las siguientes bases de datos: ScienceDirect, Emerald, ProQuest y EBSCO, donde se buscó el significado y se hizo una revisión bibliográfica. El resultado permite definir el *Business Process Management* (BPM) como un sistema integrado de gestión basado en procesos, que tiene un componente de tecnología que le permite gestionar los procesos adecuadamente. En este documento se tratan las principales conclusiones del estudio, las limitaciones percibidas y las expectativas para futuras investigaciones.

METODOLOGÍA

Se hizo una revisión sistemática de la bibliografía para encontrar una definición apropiada para el BPM. Según Vom Brocke & Sinnl (2011), Creswell (2009) y Webster & Watson (2002), se debe lograr una máxima transparencia con respecto a las decisiones en el proceso de revisión, con el fin de asegurar que cualquier persona pueda repetir el proceso y obtener los mismos resultados.

Se hizo la búsqueda en las bases de datos citadas con la siguiente consulta: "TITLE (*Business Process Management*) and TITLE (*Review*)" en la opción de búsqueda avanzada. Como resultado del proceso se encontraron

dieciocho artículos científicos completos (resultado de investigación), de los cuales se desecharon seis artículos porque no estaban enfocados exactamente en el tema de estudio y se analizaron en profundidad los doce restantes.

No se consideraron conceptos relacionados con el BPM, como el *Business Process Reengineering* (BPR), SCM, SIX Sigma, Proyectos, entre otros, porque sólo se pretendía encontrar bibliografía donde se hubieran realizado revisiones bibliográficas y se encontrara la definición de BPM. Los artículos encontrados dieron algunas pautas y conceptos, pero no una definición concreta sobre el BPM.

ASPECTOS DE BPM

Los orígenes del *Business Process Management* se encuentran en la evolución de teorías como *Total Quality Management* (TQM) en la década de los ochenta, *Business Process Reengineering* (BPR) en los años noventa, y después en el mejoramiento continuo y en los sistemas de información especializados e integrados como *Enterprise Resource Planning* (ERP), *Customer Resource Management* (CRM), *Supplier Chain Management* (SCM) y el *Work Flow* (Harmon, 2010; Box & Platts, 2005; Hung, 2006; Chang, 2006; Rosemann & De Bruin, 2005), todas ellas filosofías gerenciales que han dado pautas, las cuales han tenido distintos niveles de impacto, aunque todos ellos significativos. Igualmente, BPM se complementa con Six Sigma, Lean Manufacturing, *Balanced Scorecard* y gestión del conocimiento (Santos & Fantinato, 2013), modelos que tienen en común que se basan en los procesos de negocio.

A pesar del trabajo de varias décadas, la definición de procesos de negocio aún es ambigua (Sanz & Nandi, 2013), incluso el instituto internacional Object Management Group (OMG) reconoció como un problema fundamental la falta de claridad en esta definición. En la industria no existe un consenso sobre la definición de los procesos de negocio, aunque hay varias aproximaciones, sólo que cada uno lo mira desde un punto de vista diferente (Siegel, 2008); la dificultad se debe, en parte, a que existen varios conceptos similares, pero reducidos en su alcance.

Proceso de negocio

Estas son algunas definiciones sobre proceso de negocio:

- Consiste en un conjunto de tareas realizadas en una secuencia específica para lograr un objetivo común de negocio (Deutsch et al., 2009).
- Según Chen (1976), un proceso de negocios es un conjunto estructurado, medido, de actividades diseñadas con el fin de producir una salida específica para un determinado cliente o mercado.
- Por su parte, Weske (2007) lo define como un conjunto de actividades que se realizan coordinadamente en un clima organizacional, las cuales se hacen en conjunto con un objetivo de negocio.
- Hammer & Champy (1993) piensan que un proceso de negocios es un conjunto de actividades que toma una o más clases de entrada y crea una salida que sea de valor para el cliente.
- Smith & Fingar (2006) lo consideran como la dinámica completa que se da al coordinar un conjunto de actividades colaborativas y transaccionales para ofrecer valor a los clientes.
- En un artículo seminal, Van de Ven & Poole (1995) proponen tres acepciones del proceso de negocio: 1) una lógica que explica una relación causal entre variables independientes y variables dependientes; 2) una categoría de conceptos de variables que se refiere a las acciones de individuos u organizaciones; 3) una secuencia de eventos que describe cómo las cosas cambian con el tiempo.
- Según Hammer (1996), pensar en términos de procesos de negocio proporciona un nuevo marco analítico que ayuda a cambiar el molde del pensamiento que se basa solamente en unidades funcionales. A su vez, están surgiendo metodologías, herramientas y nuevos conceptos de equipo para apoyar el análisis, la mejora y la gestión de procesos.
- BPM es un principio de gestión práctica que ayuda a las empresas a mantener la ventaja competitiva (Kilmann, 1995).
- Además, se define como una filosofía de gestión integrada y un conjunto de prácticas que incluye un cambio incremental y radical en los procesos de negocio, que hace énfasis en la mejora continua, la satisfacción del cliente y la implicación del empleado en estos procesos (Ross, 1995).
- BPM es un proceso de gestión que se desarrolló con un fuerte enfoque en la adopción de tecnologías de la información (IT). Sin embargo, existe una creciente conciencia de que BPM requiere una perspectiva holística de la organización, especialmente si se considera la cultura como un elemento clave (Vom Brocke & Sinnl, 2011).
- McKay & Radnor (1998) señalan que cuando las empresas desarrollan su propio enfoque para la gestión de procesos de negocio deben incluir los conceptos importantes de *Business Process Management*.
- Para Harrington (1995), el inicio de cualquier proceso de mejora requiere una gestión de liderazgo por parte de la alta gerencia, porque ellos son responsables de la visión de la empresa y su apoyo influye en el éxito de los proyectos.

Gestión

Estos son algunos conceptos sobre gestión asociada a BPM:

- Este es un concepto fundamental que se puede considerar en la definición de BPM, ya que dicho proceso se centra en el cliente a través de la gestión sistemática, la medición y la mejora de todos los procesos de la empresa, con el empoderamiento de los empleados y el trabajo en equipo multidisciplinar (interfuncional) (Armistead et al., 1997).

Tecnología

Según Moller et al. (2007), BPM puede dividirse en dos áreas: una disciplina de gestión y otra llamada tecnología BPM. Ahora veamos la relación que tiene BPM con la tecnología. BPM es una disciplina de manejo holístico que utiliza la tecnología para controlar y operar el negocio a través de reglas que definen claramente sus procesos (Moller et al., 2007).

Los estándares como servicios web, *eXtensible Markup Language XML*¹ y *Service-Oriented Architecture SOA*² han contribuido al avance de la tecnología BPM (Al-Mashari, 2006; Hoang et al., (2013); estos estándares ofrecen gran flexibilidad y hacen mucho más fácil

1. XML es un lenguaje estándar creado para el intercambio de información estructurada entre diferentes plataformas.
2. SOA son sistemas de información altamente escalables, casi siempre a través de servicios web.

invocar una compleja aplicación de procesamiento de productos BPMS y permiten resolver la falta de interoperabilidad entre los sistemas de información mediante varios servicios web (Chen, 2006; Al-Mashari, 2006).

Los SOA y los servicios web son tecnologías claves para crear y establecer un sistema BPM. Basados en estas tecnologías y en los modelos de referencia, los sistemas de gestión de procesos empresariales/*suites*, llamados BPMS, hacen posible que las empresas puedan modelar y ejecutar directamente los procesos (Moller et al., 2007; Hoang et al., 2013). Empezar un proyecto de BPM sin SOA es casi impensable (Miers, 2006; Stoize et al., 2012).

Tecnologías como BPMS son la base para utilizar un BPM completamente. La capacidad para manejar miles de procesos al mismo tiempo o simular sus cambios y medir su impacto, así como establecer reglas para que los procesos se adapten automáticamente a los cambios del mercado, hace que el BPMS sea una ventaja en comparación con los sistemas que se suelen utilizar a diario (Moller et al., 2007). Éstos incluyen una amplia gama de *software*, en que los procesos están vinculados o integrados directamente a las aplicaciones y abarcan interfaces de modelado, acceso a bases de datos, control de acceso de usuarios, motores de reglas de negocio, actividad de monitoreo, y hacen un seguimiento de cada trabajo a lo largo del enrutamiento de las tareas; adicionalmente, pueden analizar los componentes integrados, lo que se denomina una *suite* BPM (Miers, 2006; Miers, 2010).

En este contexto, BPMS es la herramienta que permite que los negocios puedan responder a la optimización y mejora continua de sus procesos (Santos & Fantinato, 2013); sin embargo, Corrigan (1996) advierte que antes de implementar un proyecto BPM se debe preparar un equipo con un número de estratégico de individuos con los conocimientos técnicos necesarios para asegurar el éxito. Cabe destacar que las implementaciones de BPM no son responsabilidad de los departamentos de sistemas sino de los administradores o dueños de procesos (Dumas et al., 2013). Hay que dejar claro que para las empresas la tecnología BPM es un ciclo permanente y no una sola implementación que deben conocer todos los empleados (Santos & Fantinato, 2013; Lee & Dale, 1998).

Cultura organizacional

Como ya se mencionó, el éxito de un proyecto en BPM depende mayormente del compromiso, la comprensión y el liderazgo de la alta gerencia con la transformación organizacional (Al-Mashari, 2006). El cambio de cultura ha demostrado ser uno de los obstáculos más difíciles para lograr un proyecto exitoso en BPM. La resistencia al cambio se ha identificado como una barrera importante porque las personas sienten amenazado su empleo, porque hay inestabilidad laboral cuando se plantean contratos a corto plazo o faltan perspectivas de promoción. Las estructuras jerárquicas, la comunicación vertical, la falta de comprensión del proceso y la percepción del nuevo sistema como un enemigo son algunos aspectos que se han identificado como las principales causas de resistencia, dado que representan elementos culturales organizacionales visibles e invisibles (Corrigan, 1996; Lee & Dale, 1998).

Bandara realizó una revisión de la bibliografía en la que sugiere que la cultura es uno de los nueve factores de éxito para un proyecto en BPM, que puede llegar a ser un soporte o un obstáculo. Los factores de éxito cultural incluyen “una tendencia de colaboración”, por ejemplo, visible en las decisiones descentralizadas o “la preparación para el cambio”, que comprende las gratificaciones y estímulos para nuevas ideas (Bandara et al., 2009; Rosemann & De Bruin, 2005; Rosemann et al., 2004).

Este factor se refiere a las dimensiones de una cultura organizacional específica dentro del modelo de madurez BPM, lo cual incluye la capacidad de respuesta para procesar el cambio, como valores y creencias, actitudes y comportamientos, atención de la dirección hacia la toma de decisiones y a la gestión, redes sociales y control de procesos, entre otros (Rosemann et al., 2008).

DEFINICIONES DE BPM

El principal objetivo de BPM es mejorar los procesos de negocio y asegurar que se realicen, de la manera más eficiente y eficaz, todas las actividades críticas que afectan la satisfacción del cliente. Puede implicar pequeños pasos de mejora y continuo aprendizaje de mejores prácticas, o un rediseño radical de los procesos del negocio con el fin de lograr un mejor rendimiento (Hammer, 1996; Zairi & Sinclair, 1995).

BPM es un enfoque que presenta una gama amplia de opciones de mejora, se ha diseñado con una visión holística e intenta superar las mejoras aisladas de un proceso de negocios, para buscar soluciones óptimas (DeToro & McCabe, 1997).

BPM resuelve muchos problemas de la estructura jerárquica tradicional porque influye en los siguientes aspectos:

- Se centra en el cliente.
- Gestiona de manera automática entre las funciones.
- Evita la mentalidad de islas, porque los empleados tienen una participación en los resultados finales y no sólo en sus departamentos (DeToro & McCabe, 1997).

Zairi (1997) define BPM como un enfoque que depende de elementos estratégicos y operacionales, del uso de modernas herramientas y técnicas, de la participación de las personas y, lo más importante, es un enfoque horizontal que se adapta a los requisitos del cliente en forma óptima y satisfactoria, en el que hay un alto apalancamiento y una gran proporción de valor agregado. Para cumplir su propósito, BPM tiene que regirse por las siguientes reglas:

- Las principales actividades tienen que estar debidamente asignadas y documentadas.
- BPM crea un foco en los clientes a través de vínculos horizontales entre las principales actividades.
- BPM se basa en sistemas y procedimientos para asegurar la disciplina, la consistencia y la repetitividad, el buen funcionamiento, la calidad, la trazabilidad y la documentación.
- BPM se basa en la medición para evaluar el desempeño de cada individuo, establecer objetivos y entregar los niveles de salida que pueden cumplir los objetivos corporativos.
- BPM tiene que basarse en un enfoque continuo para la optimización a través de la solución de problemas cosechando así beneficios adicionales.
- BPM tiene que estar inspirado en las mejores prácticas para asegurar que se logre competitividad superior.
- BPM es un enfoque para el cambio de la cultura y no es efectivo con simplemente tener buenos sistemas y una estructura correcta establecida (Zairi, 1997; Ghanavati et al., 2011).

BPM es un enfoque sistemático, estructurado para analizar, mejorar, controlar y gestionar los procesos con el objetivo de mejorar la calidad de los productos y servicios (Elzinga et al., 1995).

El ciclo de vida de BPM incluye las siguientes fases:

- Procesos de negocio.
- Diseño del modelo de proceso de negocio.
- Negocio, proceso, promulgación y administración.
- Monitoreo, auditoría y evaluación de procesos de negocio.
- Optimización (Bhattacharya et al., 2005).

CONCLUSIONES

Los autores de los artículos consultados proporcionan pautas y conceptos, pero no se comprometen con una definición sobre qué es BPM. Se excluyeron los artículos en los que no se trataba el tema directamente.

BPM es un sistema de gestión integrado basado en procesos. Es un sistema porque es un conjunto de elementos, interrelacionados entre sí, que interactúan para conformar un todo, el cual permite hacer una gestión adecuada de todos sus procesos, tanto los operativos como los de negocio.

En el sistema integrado de gestión BPM, la gestión se entiende como la administración de una empresa; el hecho de que sea integrada indica que une la gestión, los sistemas y los procesos en una estructura completa y permite trabajar como una sola unidad hacia los mismos objetivos. Por esta razón, la planeación de una empresa ya no se limita a definir proyectos, sino que tiene un alcance que llega hasta definir los procesos, lo cual es un nuevo paradigma; en otras palabras, la planeación termina con la definición de los procesos. Debido a que los proyectos son temporales, cuando el proyecto termina nace la operación, es decir, los procesos que de ahí en adelante funcionarán en la empresa.

Entonces el BPM se inicia cuando se determina la estrategia de la empresa y la une con la operación del día a día a través de los procesos, los cuales deben tener un responsable, que es un cargo dentro de la estructura organizacional y permite identificar todos los involucrados en el proceso y su papel dentro de éste. Esto corresponde a la fase de organizar, que tradicionalmente se conoce en el proceso administrativo, y consiste en la asignación de los cargos, las funciones y la selección

de las personas adecuadas, generando una estructura organizacional. El BPM define esta estructura con base en los procesos, incluyendo un cambio cultural dentro de la empresa, sobre todo en los empleados.

Igualmente, el BPM permite ejercer un control más efectivo ya que genera en forma automática los indicadores sobre aspectos claves, definidos previamente en el proceso, los cuales se deben analizar a medida que transcurre el tiempo con el fin de plantear mejoras y lograr su optimización. Poder medir aspectos claves del proceso proporciona una base para su retroalimentación, además de la trazabilidad, lo cual permite establecer dónde existen cuellos de botella, y las causas para que se generen demoras, sobrecostos, etc.

En conclusión, un proceso es un conjunto de actividades operativas, administrativas y eventos que se ejecutan para obtener un resultado, que puede ser un servicio o un producto, para satisfacer a los clientes, utilizando recursos o insumos que son transformados o consumidos en el proceso, provistos por proveedores. Un proceso requiere para su control el cálculo y seguimiento de indicadores que midan y evalúen su desempeño y permitan el proceso de mejoramiento continuo; se da en un entorno o ambiente de reglas y normas que rigen su ejecución, que pueden ser procesos de negocio o de apoyo.

BPM, como un sistema integrado de gestión basado en procesos, tiene tres componentes: el proceso, que se modela; la administración, que se gestiona, y el mejoramiento, que implica que BPM permite toda la medición y control sobre la ejecución del proceso, lo que a su vez genera un ciclo a través de la retroalimentación.

Los elementos que lo componen incluyen las personas de la empresa, la cultura de procesos, los procesos mismos, la arquitectura, modelación y diseño, el modelo de mejoramiento, el monitoreo y administración continuos y los sistemas de información, que soportan tanto la operación como la gestión de los procesos.

Por otra parte, es innegable que sólo las organizaciones con una fuerte capacidad financiera son las que emprenden proyectos en BPM, ya que esto implica inversión en tecnología y sistemas de información que soporten el modelo (Delavari et al., 2010). Esto representa una desventaja para países como Colombia, en el que la mayoría de las empresas son pymes y no tienen los medios económicos ni la capacitación para desarrollar este tipo de proyectos.

Además, en la actualidad existen dificultades como el escaso número de profesionales especializados en el tema, la falta de adecuados conocimientos en BPM y los pocos recursos para desarrollarlos (Bandara et al., 2009).

Cabe destacar que pueden existir inconformidades en la implementación de proyectos en BPM causadas por un diseño deficiente de los procesos o porque sus herramientas son poco amigables con los usuarios finales, razón por la cual la etapa de selección de la herramienta BPMS debe hacerse con sumo cuidado, ya que es crucial para el éxito del proyecto.

Para que una empresa pueda desarrollar con éxito una iniciativa BPM debe tener en cuenta varios aspectos, como el costo de su implementación, que implica variables técnicas, culturales, tecnológicas y de gestión; el tiempo en el cual lo puede desarrollar, y el tamaño de la compañía. Queda, entonces, esperar que se logre un consenso sobre el tema acerca de su definición y ratificar su importancia en las organizaciones, destacando que el cambio debe ser en el ámbito estratégico, porque implica un cambio en la filosofía de producción, enfocado en procesos.

REFERENCIAS

- Al-Mashari, M. (2006). Innovation through Information Technology (IT) enabled Business Process Management (BPM): a review of key issues. *International Journal of Innovation and Learning*, 3(4), 403-415.
- Armistead, C., Machin, S. & Pritchard, J. P. (1997). Approaches to business process management. In J. Ribera & J. Prats (eds.), *Managing Service Operations: Lessons from the Service and Manufacturing Sectors*, papers from the 4th International Conference of the European Operations Management Association. Barcelona, Spain: IESE.
- Bandara, W., Alibabaei, A. & Aghdasi, M. (2009). Means of achieving business process management success factors. MCIS 2009 Proceedings of the 4th Mediterranean Conference on Information Systems. Athens, Greece, 25-27.
- Bhattacharya, K., Guttman, R., Lyman, K., Heat III, F.F., Kumaran, S., Nandi, P., Wu, F., Athma, P., Freiberg, C., Johansen, L. & Staudt, A. (2005). A model-driven approach to industrializing discovery processes in pharmaceutical research. *IBM Systems Journal*, 44(1), 145.
- Box, S. & Platts, K. (2005). Business process management: establishing and maintaining project alignment. *Business Process Management Journal*, 11(4), 370-387.
- Creswell, J. W. (2009). *Research Design: Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches*. California, USA: Sage Publications, Inc.
- Chang, J. F. (2006). *Business Process Management Systems: Strategy and Implementation*. Florida, USA: Auerbach Publications.
- Chen, P. (1976). The entity-relationship model toward a united view of data. *ACM Transactions on Database Systems*, 1(1), 9-36.

- Chen, M., Zhang, D. & Zhou, L. (2006). Empowering collaborative commerce with web services enabled business process management systems. *Decision Support Systems*, 43(2), 530-546.
- Corrigan, S. (1996). Human and Organisational Aspects of Business Process Reengineering [Electronic version], Warwick Manufacturing Group, URL: <http://bprc.warwick.ac.uk/shef-find.html>.
- Delavari, H., Bandara, W., Marjanovic, O. & Mathiesen, P. (2010). Business Process Management (BPM) Education in Australia: A Critical Review Based on Content Analysis. In *ACIS 2010 Proceedings*, 1-13.
- DeToro, I. & McCabe, T. (1997). How to stay flexible and elude fads. *Quality Progress*, 30(3), 55-60.
- Deutsch, A., Hull, R., Patrizi, F. & Vianu, V. (2009). Automatic verification of data-centric business processes. *Proceedings of the 12th International Conference on Database Theory*, 252-267.
- Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J. & Reijers, H. A. (2013). *Fundamentals of Business Process Management* (1.ª ed). Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer.
- Elzinga, D. J., Horak, T., Chung-Yee, L. & Bruner, C. (1995). Business Process Management: Survey and Methodology. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 24(2), 119-128.
- Ghanavati, S., Amyot, D. & Peyton, L. (2011). A Systematic Review of Goal-oriented Requirements Management Frameworks for Business Process Compliance. *IEEE Requirements Engineering and Law (Relaw)*, 2011 Fourth International Workshop on 25-34.
- Hammer, M. & Champy, J. (1993). *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution*. New York, USA: Harper Business.
- Hammer, M. (1996). *Beyond Reengineering: How the Process-Centered Organization is Changing Our Work and Our Lives*. New York: Harper Collins.
- Harmon, P. (2010). The scope and evolution of business process management. In J. Vom Brocke & M. Rosemann (eds.). *Handbook on Business Process Management: Introduction, Methods and Information Systems*, vol. 1, Springer, Berlin, 37-81.
- Harrington, H. J. (1995). *Total Improvement Management – The Next Generation in Performance Improvement*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Hoang, H.H., Jung, J.J. & Tran, C.P. (2013). Ontology-based approaches for cross-enterprise collaboration: a literature review on semantic business process management. *Enterprise Information Systems*, 18(26), 37-41.
- Hung, R. Y.-Y. (2006). Business process management as competitive advantage: a review and empirical study. *Total Quality Management & Business Excellence*, 17(1), 21-40.
- Jeston, J. & Nelis, J. (2008). *Management by Process: A Roadmap to Sustainable Business Process Management*. Oxford, England: Elsevier.
- Kilmann, R. (1995). A holistic program and critical success factors of corporate transformation. *European Management Journal*, 13(2), 175-186.
- Lee, R. & Dale, B. (1998). Business process management a review and evaluation. *Business Process Management Journal*, 4(3), 214-225.
- McKay, A. & Radnor, Z. (1998). A characterization of a business process. *International Journal of Operational and Production Management*, 18(9/10), 924-936.
- Miers, D. (2006). *Issues and Best Practices for the BPM and SOA Journey*. BPM Focus Inc., Florida, USA: Lighthouse Point.
- Miers, D. (2010). *Process Innovation and Corporate Agility: Balancing Efficiency and Adaptability in a Knowledge-centric World*. *BPTrends*, 1-17.
- Moller, C., Maack, C. & Tan. R. D. (2007). What is Business Process Management: A Two Stage Literature Review of an Emerging Field. *Research and Practical Issues of Enterprise Information Systems*, 1(1), 19-31.
- Pritchard, J. P. & Armistead, C. (1999). Business process management – Lessons from European business. *Business Process Management Journal*, 5(1), 10-35.
- Reijers, H. A. (2003). *Design and Control of Workflow Processes: Business Process Management for the Service Industry*. Berlin, Germany: Springer.
- Rosemann, M. & de Bruin, T. (2005). Towards a business process management maturity model. ECIS 2005 Proceedings of the 13th European Conference on Information Systems. Regensburg, Germany, 26-28.
- Rosemann, M., De Bruin, T. & Hueffner, T. (2004). A model for business process management maturity. ACIS 2004 Proceedings of the 15th Australasian Conference on Information Systems. Hobart, Tasmania, Australia, 1-3.
- Rosemann, M., De Bruin, T. & Power, B. (2008). BPM maturity. In J. Jeston & J. Nelis (eds.). *Business Process Management: Practical Guidelines to Successful Implementations*. Elsevier, Oxford, 313-329.
- Ross, J.E. (1995). *Total Quality Management: Text, Cases and Readings*. Florida, USA: St. Lucie Press.
- Santos, R. & Fantinato, M. (2013). The use of software product lines for business process management: A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 55(8), 1355-1373.
- Sanz, J.L.C. & Nandi, P. (2013). Entity-Centric Operations Modeling for Business Process Management: A Multidisciplinary Review of the State-of-the-Art. *International Journal of Software and Informatics*, 7(2), 273-308.
- Smith, H. & Fingar, P. (2006). *Business Process Management: The Third Wave*. New York, USA: Meghan Kiger.
- Siegel, J. (2008). In OMG's OCEB Certification Program, What is the Definition of Business Process? *Object Management Group*, 1-3.
- Stoize, C., Gebke, S. & Thomas, O. (2012). Sustainability in Business Process Management Research – a Literature Review. AMCIS 2012 Proceedings. Paper 10 (4343-4352).
- Van de Ven, A. & Poole, M. (1995). Explaining development and change in organizations. *Academy of Management Review*, 20(3), 510-540.
- Vom Brocke, J. & Sinnl, T. (2011). Culture in business process management: a literature review. *Business Process Management Journal*, 17(2), 357-378.
- Webster, J. & Watson, R.T. (2002). Analyzing the past to prepare for the future: writing a literature review. *Management Information Systems Quarterly*, 26(2), xiii-xxiii.
- Weske, M. (2007). *Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures*. Berlin, Germany: Springer.
- Zairi, M. (1997). Business process management: a boundary less approach to modern competitiveness. *Business Process Management Journal*, 3(1), 64-80.
- Zairi, M. & Sinclair, D. (1995). BPR and process management: a survey of current practice and future trends in integrated management. *Business Process Reengineering and Management Journal*, 1(1), 8-29.

Propiedades mecánicas y de durabilidad de concretos con agregado reciclado

Mechanical and durability properties of concretes with recycled aggregates

NÉSTOR BOJACÁ CASTAÑEDA¹ - PEDRO NEL QUIROGA SAAVEDRA² -
NANCY TORRES CASTELLANOS³

1. Magíster en Ingeniería Civil.

2. Profesor asociado y director del Centro de Estudios de Estructuras y Materiales.

3. Profesora asociada y directora del Laboratorio de Estructuras y Materiales.

pedro.quiroga@escuelaing.edu.co - nancy.castellanos@escuelaing.edu.co - bojaca2@yahoo.com

Recibido: 08/01/2015 Aceptado: 02/03/2015

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

Resumen

El tema relacionado con el comportamiento y uso del concreto elaborado con agregados reciclados se encuentra hasta ahora en una etapa preliminar de investigación en Colombia, posiblemente porque falta mayor cultura sobre el tema del reciclaje y son escasas las investigaciones teóricas y de campo que favorezcan la reutilización práctica y eficiente de materiales reciclados en la fabricación de este tipo de concreto reciclado para su uso en construcciones estructurales nuevas. El propósito de este artículo consiste en mostrar una serie de estudios e investigaciones de diferentes autores que revela la importancia que ha adquirido el uso de agregado reciclado en la fabricación de concreto reciclado; en este compendio quedan claros no sólo los avances específicos logrados sino que el empleo de concreto reciclado en Europa y otros países desarrollados es bastante común y cuenta con regulaciones técnicas muy depuradas que recomiendan, restringen o limitan su uso, dependiendo del tipo de obra que se pretenda hacer.

Palabras claves: concreto reciclado, concreto natural, concreto convencional, agregado natural, agregado reciclado.

Abstract

The issue related to the behavior and use of concrete made with recycled aggregates is so far in a preliminary stage of research in Colombia, possibly because of the lack of culture about recycling and few theoretical and field investigations that promote practical and efficient reusing of recycled materials in the manufacture of this type of recycled concrete for use in new structural constructions.

The purpose of this article is to show a series of studies and research from different authors, demonstrating the fundamental importance attached to the use of recycled aggregate in the manufacture of recycled concrete; this compendium makes clear not only the specific progress, but also that the use of recycled concrete in Europe and other developed countries is quite common and has very refined techniques that recommend, restrict or limit its use, depending on the type of work planned.

Keywords: recycled concrete, natural concrete, conventional concrete, natural aggregate, recycled aggregate.

INTRODUCCIÓN

El concreto es el segundo producto de mayor consumo en la Tierra, después del agua.

Koji Sakai, investigador de la Universidad de Kagawa

La creciente inestabilidad ambiental del planeta, que podría amenazar el destino del hombre en la Tierra, ha llevado a la necesidad ineludible de ver el mundo de una manera diferente y a plantear la necesidad de rebajar los costos económicos de producción y limitar los desechos producidos por su acción. Sin duda, estas directivas han tenido una buena receptividad en países más desarrollados que Colombia, que los ha puesto a la vanguardia de los proyectos que utilizan concreto reciclado, a veces en proporciones definitivas, mientras en nuestro medio apenas se está incursionando en la materia.

Estados Unidos, Europa y Japón no sólo tienen avanzadas conquistas en la reutilización de materiales sino que han creado industrias completas para el manejo y transformación de los residuos de construcción. En España se ha aprobado ya la reutilización en porcentajes importantes de agregados reciclados. En países como Bélgica y Holanda la tasa de reciclados alcanza el 95 %, y en esta última, la localidad de Steenkorrel tiene la mayor planta de reciclaje de escombros y de concreto de toda Europa, con una capacidad de 700 t/h (Seminario Aso-gravas, 2011). Estas cifras demuestran que en Colombia nos encontramos distantes de los avances en el tema.

JUSTIFICACIÓN

La Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito formalizó la línea de investigación en construcción sostenible en el 2007. Dentro de esa línea de trabajo incluyó la elaboración de concreto utilizando diferentes materiales provenientes de residuos de la construcción, con el objeto de hacer un aporte técnicamente responsable a la sociedad para entrar en una cultura del reciclaje de materiales de la construcción, dada la escasa investigación sobre el tema en el país.

Entre los eventos celebrados sobre la materia en los últimos años en el país sobresalen el Foro Internacional sobre Gestión Integral de Escombros (2009), con la participación de Japón, España, Suecia y Colombia (valle de Aburrá), donde compartieron experiencias

internacionales sobre la generación y aprovechamiento de los residuos de la construcción y demolición; Seminario Agregados Reciclados, Mitos y Realidades (2011); Primer Foro Distrital para la Gestión y Control de los Residuos de la Construcción y Demolición (2012); normativa como el Plan de Desarrollo para Bogotá, D.C., 2012-2016, adoptado mediante Acuerdo 489 de 2012, artículo 30, programa Basura cero, que determina como proyectos prioritarios entre otros el de Escombros cero; la Resolución 01115 del 26 de septiembre de 2012, por medio de la cual se adoptan los lineamientos técnico-ambientales para las actividades de aprovechamiento y tratamiento de los residuos de construcción y demolición en el Distrito Capital, que permiten señalar que sí hay preocupación sobre el tema y que se están proponiendo iniciativas importantes para mitigar los problemas medioambientales generados por la falta de control y aprovechamiento de los residuos de la construcción y demolición.

Con el fin de aportar a lo anteriormente expuesto, en la tesis de maestría hecha por el autor y denominada “Propiedades mecánicas y de durabilidad de concretos con agregado reciclado”, en la primera parte se presenta una revisión bibliográfica en la que se contextualizan de una manera concreta las bondades y limitaciones en resistencia mecánica y de durabilidad del concreto reciclado con uso de agregados reciclados, lo cual apunta a poner al alcance de los interesados algunas fuentes de información disponibles, para así motivar a un cambio en la cultura del reciclaje, en especial en el terreno que nos compete como ingenieros civiles. En la segunda parte se realizó la fase experimental, que tuvo como objeto estudiar el efecto en la resistencia mecánica y en la durabilidad del concreto producido por el remplazo en diferentes porcentajes del agregado grueso natural por agregado grueso reciclado, mediante ensayos en probetas y la fabricación de un elemento estructural, cuyas conclusiones generales también se mencionan en este artículo.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Al revisar las investigaciones de varios autores sobre el uso de agregado reciclado en la fabricación de concreto, pueden encontrarse tanto coincidencias como divergencias en los resultados, principalmente en temas relacionados con la resistencia y la valoración de la du-

rabilidad de concreto elaborado con agregado reciclado, así como otros aspectos relacionados con las bondades o desventajas al utilizar este material.

Con el propósito de sensibilizar a la sociedad frente a la necesidad de aprovechar material proveniente de las demoliciones y construcciones, es clave contar con información que permita tener diversos puntos de vista sobre el comportamiento del concreto elaborado a partir de material reciclado. Por ello en este artículo se pretende mostrar información importante de algunos autores sobre la experiencia en el uso de agregado reciclado en la fabricación de concreto reciclado.

En primera instancia, se presentarán los resultados encontrados sobre las propiedades físicas del agregado reciclado; posteriormente, se mostrarán estudios obtenidos sobre las propiedades mecánicas del concreto reciclado, como la resistencia a la compresión, módulo de elasticidad y resistencia a la flexión; seguidamente, se referenciarán estudios sobre la durabilidad del concreto reciclado, y por último, se tratarán aspectos generales sobre el concreto reciclado y aplicaciones estructurales.

ASPECTOS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO RECICLADO

En varios estudios se hace referencia a las menores propiedades que tiene el agregado reciclado comparado con el agregado natural, mientras que en otros se reitera la importancia de conocer el origen del agregado utilizado para la fabricación de nuevo concreto. Por ello, resulta indispensable contar con fuentes de información y trabajo en laboratorio que permitan validar el uso del concreto reciclado. Sobre los aspectos relacionados con el agregado reciclado existe información como la de Barra (1996), que en su estudio sobre durabilidad del concreto con agregado reciclado aplicado como concreto armado concluye que el empleo de agregados reciclados procedentes mayoritariamente de concreto puede quedar limitado frente a los convencionales debido a la mayor absorción que presenta. En el mismo sentido, Gómez J. et al. (1999), en su investigación sobre las cualidades físicas y mecánicas de los agregados reciclados de concreto, manifiesta que los agregados reciclados procedentes de concreto presentan un elevado nivel de poros, con posibilidad de absorber más agua y una densidad más baja que los agregados de uso acostumbrado; adicionalmente, las variaciones



que se puedan presentar entre las propiedades de los agregados reciclados de concreto están en función del tipo de concreto original, su estado de conservación y el proceso de producción del cual son fabricados.

Por su parte, Hernández et al. (2005) analizaron las ventajas y limitaciones de concretos elaborados con agregado grueso reciclado y concluyeron que los agregados reciclados presentan diferencias a los naturales; no obstante, los métodos de ensayo indicados en la norma técnica IRAM 1531, fueron aplicables a este tipo de material, lo cual permitiría la inclusión del agregado reciclado en las normas y reglamentos.

En España, el estudio “Aspectos químicos del árido reciclado relacionados con la durabilidad del concreto”, de Sánchez Alaejos (2004), mostró que en general los áridos reciclados pueden satisfacer las especificaciones que establece la Instrucción Española del Hormigón Estructural (EHE), relativas a los contenidos de cloruros y sulfatos, aunque suelen presentar elevados contenidos de álcalis. Adicionalmente se encontró que en el análisis químico de las muestras el agregado reciclado ensayado no presenta problemas en cuanto al contenido de cloruros y sulfatos, y puede resultar poco segura la determinación de los cloruros solubles, ya que aunque éstos son los que pueden inicialmente atacar las armaduras, determinadas condiciones como la presencia de iones sulfatos, pueden provocar la liberación de cloruros no solubles, pero conviene controlar el contenido de cloruros totales en estos áridos.

En cuanto al contenido de sulfatos, el árido reciclado ensayado cumplió las limitaciones que establece la EHE, tanto para el contenido de sulfatos solubles en

ácido, como para el contenido de compuestos totales de azufre. Los agregados reciclados presentan un elevado contenido de álcalis, por lo que para su uso en ambientes diferentes de la exposición ambiente no agresivo y exposición ambiente normal-humedad media se recomienda utilizar una sola fuente controlada y hacer un estudio complementario de reactividad potencial, tanto del propio agregado reciclado como del agregado natural que se emplee en la mezcla.

Por otra parte, en la compilación de autores realizada por Rakshvir et al. (2006) sobre el tema, se encontró que Ajdukiewicz & Kliszczewicz (2002) reportaron que las propiedades del concreto origen utilizado como agregado reciclado influyen en las propiedades mecánicas del concreto reciclado obtenido y que es posible obtener concreto reciclado de una mayor resistencia a la compresión que el concreto original. Consideran que el diseño de mezcla del concreto reciclado es similar



a los procedimientos de elaboración de concreto con agregados naturales. Destacan la necesidad de hacer correcciones respecto del contenido de agua, con el objeto de obtener la trabajabilidad adecuada. Nagataki et al. (2000) encontraron que las propiedades físicas del agregado grueso reciclado tienen una relación entre la gravedad específica y la absorción del agua (a mayor absorción de agua, menor gravedad específica de los agregados).

Torben y Narud (1983) informaron que en comparación con la grava natural los agregados reciclados poseen una densidad menor, una mayor absorción de agua, un porcentaje mayor de pérdida por abrasión en la máquina de los Ángeles y una mayor relación entre el porcentaje de pérdida en la máquinas de los Ángeles y el

valor de trituración de áridos. El porcentaje de mortero que permanece adherido a las partículas de grava natural en los agregados reciclados varía aproximadamente 30 % en fracciones de 16-32 mm, hasta más de 60 % en fracciones de 4-8 mm. Los autores estimaron que es probable que cantidades tan grandes de mortero en agregados reciclados afecten las propiedades de deformación de los concretos reciclados.

Major Rakshvir & Sudhirkumar V. Barai (2006) realizaron un programa experimental que consistió en el estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados reciclados, las propiedades de endurecimiento y del comportamiento a la fatiga del concreto con agregados reciclados en flexión. El diseño de la mezcla del concreto reciclado fue semejante al del concreto elaborado con agregados naturales. Hicieron correcciones en el contenido de agua para obtener una manejabilidad adecuada y para compensar la mayor absorción de agua de los agregados reciclados. La resistencia a la compresión disminuyó entre 5 y 15 %, a medida que aumentaba la cantidad de agregados reciclados. Observaron valores similares entre las pruebas de resistencia a la flexión y resistencia a la rotura por tracción para los tres tipos de materiales. Los valores del módulo de elasticidad que se obtuvieron para el concreto elaborado con el 25 % de agregado reciclado fueron menores respecto del concreto convencional. La prueba de fatiga para las muestras fabricadas con agregados reciclados alcanzó una menor cantidad de ciclos antes de quebrarse, en comparación con las muestras elaboradas con el 100 % de agregados naturales.

Por otro lado, autores como Martínez et al. (2006), en su estudio “Comportamiento mecánico de concreto fabricado con agregados reciclados”, concluyen que el agregado reciclado con granulometría adecuada produce mezclas de concreto de buena calidad, con un comportamiento mecánico similar al de los concretos naturales. En las resistencias a tensión y flexión hallaron que para consumos de cemento de 300 kg/m³ y mayores, las relaciones $ft/\sqrt{f'_c}$ y $MR/\sqrt{f'_c}$ fueron menores para los concretos reciclados, posiblemente porque a bajas relaciones agua/cemento domina el comportamiento del agregado grueso y para altas relaciones agua/cemento domina el de la pasta, lo cual permite pensar que el agregado reciclado tiene mejor aplicación en volúmenes cemento hasta 300 kg/m³, debido a que para consumos mayores podrían resultar mezclas antieconómicas.

Rolón et al. (2007), en su investigación “Caracterización del concreto elaborado con áridos reciclados producto de la demolición de estructuras de concreto”, reportan que el agregado reciclado de la demolición de pavimentos de concreto tiene ciertas desventajas físicas y mecánicas debido a la composición de dos materiales (agregado natural y mortero adherido), que da como resultado un nuevo material con características diferentes y con desventajas mecánicas, como la porosidad, absorción, baja densidad y una baja aceptable en la resistencia a la compresión.

ASPECTOS RELACIONADOS CON LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO RECICLADO

Frente al comportamiento mecánico del concreto reciclado, Rakshvir et al. (2006) citan en su compilación el trabajo de Poon et al. (2002), en el que se variaron las mezclas mediante el remplazo de agregados naturales gruesos y finos por agregados reciclados hasta 100 % por peso, con la incorporación de cenizas volátiles y sin dichas cenizas. Los resultados de las pruebas demostraron que el remplazo de áridos naturales gruesos y finos por áridos reciclados en niveles de 25 y 50 % provoca un efecto minúsculo sobre la resistencia a la compresión de ladrillos y bloques. Sin embargo, niveles de remplazo mayores reducen la resistencia a la compresión.

Chen et al. (2002) demostraron en los resultados de las pruebas que la resistencia a la compresión del concreto elaborado con áridos reciclados gruesos, con partículas de ladrillos y baldosas o azulejos, alcanzó alrededor del 75 - 80 % de la resistencia del concreto común. La resistencia a la flexión fue del 78 al 91 % de la resistencia del concreto común. El módulo de elasticidad para el concreto reciclado fue de alrededor del 70 % del módulo de concreto común, y el cambio de la relación agua/cemento o el contenido de ladrillos y baldosas o azulejos no produjo un efecto significativo sobre el módulo de elasticidad.

Topcu (1997) observó la disminución del asentamiento, así como la dureza de la superficie del concreto, a medida que se incrementó el contenido de residuos de concreto. El valor de la dureza Schmidt de 21,3 para agregado común se redujo a 11,6 en los residuos de concreto, lo cual muestra que también se produce una disminución de la resistencia del concreto. Las pruebas de velocidad de ultrasonido permitieron observar que a

medida que se incrementaba la cantidad de residuos de agregados de concreto la velocidad de pulso ultrasónico se reducía, ya que los espacios vacíos o poros se agrandaron, por lo que la resistencia del concreto disminuyó. Las pruebas de resistencia a la compresión mostraron una disminución con el aumento de contenido de residuos de agregados de concreto, especialmente cuando la relación fue superior al 50 %.

En otro estudio, Topcu & Guncan (1995) hallaron que la densidad del concreto elaborado con agregados de concreto de desecho mostró valores distintos en las propiedades respecto al concreto con agregado natural. La trabajabilidad fue baja debido a la gran absorción de agua de los agregados de concreto de desecho. A medida que se incrementó la proporción de agregados reciclados de concreto, la resistencia a la compresión se redujo y fue menor que la esperada; el módulo de elasticidad fue de cerca del 80 % del valor esperado. Observaron que con el aumento de los agregados reciclados de concreto en la mezcla disminuyeron los valores de rigidez, capacidad de energía plástica y capacidad de energía elástica.

Por su parte, De Oliveira y Vázquez (1996) informaron que los resultados obtenidos para las propiedades mecánicas se ajustaban a la información suministrada por la bibliografía existente, pero observaron una leve disminución de la resistencia del concreto elaborado con agregados reciclados secos y saturados, la cual fue mayor en la resistencia a la flexión.

Finalmente, Nagataki et al. (2000) encontraron que los ensayos sobre los tipos de concreto fabricados con agregados reciclados aireados de calidad media y alta arrojaron valores de resistencia de 3 a 16 % mayores, en comparación con la resistencia del concreto original. Sucedió lo contrario cuando se fabricó concreto utilizando fracciones tanto finas como gruesas de agregado reciclado de baja calidad: la resistencia a la compresión se redujo un 6 % y la porosidad se incrementó un 11 %, en comparación con la resistencia de referencia y el volumen de porosidad. De igual forma, concluyeron que la estructura del mortero adherido es un indicador de calidad importante de los agregados reciclados que afecta directamente el rendimiento del concreto reciclado, y si los agregados reciclados no se originan en un concreto de muy baja calidad, la resistencia a la compresión del concreto reciclado con una A/C de 0,55 puede ser mayor que la resistencia del concreto original.

Por otro lado, se encontraron investigaciones realizadas en Colombia y en otros países, tales como la de Martínez et al. (2006), quienes en su trabajo “Comportamiento mecánico de concreto fabricado con agregados reciclados” hallaron que en las resistencias a tensión y flexión para consumos de cemento de 300 kg/m^3 y mayores, las relaciones $ft/\sqrt{f'_c}$ y $MR/\sqrt{f'_c}$ fueron menores para los concretos reciclados, posiblemente porque a bajas relaciones agua/cemento domina el comportamiento del agregado grueso y a altas relaciones agua/cemento domina el de la pasta, lo que en parte coincide con Hernández et al. (2005), quienes concluyen que la demanda de agua de los concretos reciclados fue levemente superior al concreto de referencia, en tanto que la resistencia a la compresión fue ligeramente menor que el de referencia. La deformación del concreto reciclado es mayor que el concreto natural. El módulo de elasticidad para el concreto reciclado tuvo una disminución entre el 25 y el 30 %, para edades de 7 y 28 días, respectivamente.

Frente a la resistencia del concreto reciclado, otros autores reportan que el módulo elástico en los concretos reciclados estudiados es un 20 % inferior a los de control. Barra (1996) y Gómez et al. (1999) señalan, por ejemplo, que los resultados de las propiedades mecánicas estáticas de concretos reciclados apuntan a una reducción en sus cuantías; dichas reducciones son proporcionales y producidas por el incremento de remplazo de agregados naturales por agregados reciclados procedentes del concreto. Por otro lado, se dice que la evolución en el tiempo de las propiedades mecánicas de concretos reciclados es parecida a los concretos convencionales; sin embargo, la resistencia a tensión indirecta es menor que la del concreto con agregado natural. Los incrementos en los valores de fluencia y contracción para los concretos reciclados se deben explicar sobre la base de las propiedades de los agregados reciclados procedentes del concreto. Los anteriores puntos ponen de manifiesto la importancia que tienen en el comportamiento de los concretos reciclados la cantidad y la calidad de la pasta de los agregados reciclados de concreto.

A su vez, Evangelista & De Brito (2007), en su investigación “Comportamiento mecánico de concreto fabricado con agregado fino de concreto”, manifiestan que los residuos de la demolición de concreto son una fuente de agregados para la nueva producción de

concreto. Adicionalmente, mencionan que en varios estudios se ha demostrado que el concreto con agregado grueso reciclado tiene propiedades similares a las del concreto convencional, incluso en concreto de alta resistencia, lo que impacta de manera positiva en el medio ambiente. No obstante, el remplazo de agregado fino está limitado por varios códigos, ya que se cree que su mayor absorción va en deterioro de la propiedades del concreto. Encontraron que es viable fabricar concreto estructural con agregado fino reciclado en remplazos parciales o globales, fundamentado en que la resistencia a la compresión no se vio afectada por el porcentaje de remplazo, por lo menos hasta un 30 %. La tensión a la tracción como el módulo de elasticidad se redujo con el aumento de la tasa de sustitución, pero los valores obtenidos para las propiedades aceptables se incrementaron, especialmente una tasa de sustitución del 30 %. La resistencia a la abrasión parece aumentar el porcentaje de sustitución del agregado fino natural por el agregado fino reciclado, señalando que este último se obtuvo de mezclas de concreto especialmente producidas en el laboratorio, lo que llevó al control de trituración y tamizado de los agregados reciclados. Se espera que el agregado fino reciclado obtenido a partir de estructuras sobre el terreno probablemente tendría partículas de suciedad que podrían reducir su rendimiento, aspecto que se evitaría si se extrajera con el cuidado debido a partir de elementos prefabricados de concreto.

Esto coincide con la opinión de Tonda et al. (2009), que mencionan que los valores de resistencia alcanzados fueron significativos y cumplieron los requerimientos habituales para obras de uso corriente, como edificios y pavimentos, y con Thomas et al. (2011), cuyos resultados de su investigación observaron una mejora en las resistencias a la compresión y al módulo elástico dinámico de los concretos con mayor grado de sustitución. De acuerdo con la determinación de las energías disipadas y almacenadas, encontraron que para los concretos reciclados con sustitución total de agregado reciclado la rigidez se vio reducida y la resistencia frente a cargas cíclicas aumentó.

En Colombia, Velandia (2011) mostró los resultados que se han obtenido en Argos con la fabricación de concretos con agregado reciclado en porcentajes de sustitución del 0 %, 10 %, 20 % y 30 %, observando que en todos los casos se superó en más del 50 % la resistencia esperada.



ASPECTOS RELACIONADOS CON LA VALORACIÓN DE LA DURABILIDAD DEL CONCRETO RECICLADO

De acuerdo con la revisión bibliográfica encontrada, se observó que existen muy pocos estudios, principalmente en Colombia, que traten de manera particular la valoración de la durabilidad del concreto reciclado, aspecto fundamental, ya que determina el comportamiento de este material a lo largo del tiempo porque puede ser más susceptible de ser atacado por agentes ambientales. Entre las escasas referencias, podemos encontrar que en su estudio sobre durabilidad del concreto con agregado reciclado aplicado como concreto armado, Barra (1996) encuentra que la mayor porosidad del agregado reciclado influye negativamente en la carbonatación del concreto, aspecto que coincide con Hernández et al. (2006), quienes investigaron sobre las limitaciones de concretos elaborados con agregado grueso reciclado y reportan que en cuanto a la durabilidad, el concreto reciclado es más poroso y, por ende, más susceptible de ser atacado por los agentes ambientales por ser menos resistente a factores externos.

En la compilación bibliográfica revisada por Rakshvir et al. (2006), Olorunsogo y Padayachee (2002) encontraron que en términos generales la calidad de la durabilidad del concreto con agregado reciclado se redujo con el aumento de la cantidad de agregado reciclado que se incluyera en una mezcla y que la calidad mejoró con el tiempo de curado. La disminución de la calidad en la durabilidad del concreto se explica por la presencia de grietas y fisuras producidas en los agregados reciclados durante su procesamiento, lo cual revela que los agregados con el tiempo son susceptibles

de facilitar la permeación, la difusión y la absorción de fluidos; por su parte, Nagataki et al. (2000) reportan que la disminución del contenido de mortero adherido aumenta el rendimiento físico del concreto mediante la reducción de la porosidad, la absorción de agua y el grado de acción capilar.

Sobre este aspecto cabe destacar el estudio realizado en el Instituto Superior Técnico (IST) de Lisboa (Portugal) titulado “Desempeño en la durabilidad del concreto elaborado con agregado fino de concreto reciclado”, cuyos autores manifiestan que los agregados finos reciclados son observados como la última opción para la producción de concreto, dado que muchas referencias mencionan su influencia perjudicial sobre las características más importantes del concreto, como la resistencia a la compresión y a la tracción, módulo de elasticidad, absorción de agua, contracción, carbonatación y penetración de cloruros. Estas dos últimas características son claves para valorar la durabilidad a largo plazo del concreto. En la investigación experimental muestran los resultados de la absorción de agua por inmersión, así como la capilaridad, la penetración de cloruros (mediante el coeficiente de la migración de cloruro) y la resistencia a la carbonatación. Mencionan que la evaluación del rendimiento de una mezcla de concreto no se limita a la determinación de sus propiedades mecánicas, ya que es fundamental caracterizar el material en términos de los parámetros que clasifican su durabilidad.

La vida útil de una estructura de concreto está relacionada con las propiedades que definen la durabilidad, que incluyen la permeabilidad (a varios agentes), la reactividad álcali-sílice, la reacción a los ciclos de formación de hielo-deshielo y la reacción a los sulfatos. El concreto con agregados reciclado ya no es más un campo de investigación sino una práctica real, hasta el punto de que varios países están elaborando documentos normativos para regular su uso. En la mayoría de los códigos limitan e incluso prohíben el uso de agregado fino reciclado.

Entre sus conclusiones se encuentra que la absorción de agua por inmersión aumenta con la tasa de sustitución de los agregados finos naturales (FNA) por agregados finos reciclados (FRA), hasta un máximo del 46 % para el concreto elaborado exclusivamente de FRA, en comparación con un concreto de referencia utilizando sólo FNA. El agregado fino reciclado tiene un efecto más perjudicial sobre la resistencia a la ab-



sorción de agua por capilaridad que en la absorción de agua por inmersión, y el coeficiente de capacidad de absorción tiene un incremento relativo del 70,3 % para el concreto hecho con 100 % de FRA en comparación con el concreto de referencia. En ambos casos, parece que aumenta la absorción de agua linealmente con la tasa de remplazo, ya que FRA tiene una estructura más porosa, que se extiende a la matriz de concreto.

Los coeficientes de migración de cloruro se incrementan linealmente con el porcentaje de sustitución de los agregados finos, alcanzando un aumento del 34 % para el concreto con el remplazo total de la FNA en comparación con el concreto de referencia sin FRA. La resistencia a la carbonatación se reduce con la adición de FRA en el concreto; la profundidad de penetración de CO_2 se incrementó alrededor de un 40 % para el concreto hecho con 30 % de FRA y alrededor de 110 % para el concreto hecho exclusivamente con FRA. Para una mayor durabilidad, el remplazo total de la FNA por FRA en una mezcla de concreto puede presentar algunas dificultades serias; sin embargo, para porcentajes de sustitución más pequeños (por ejemplo, 30 %), el uso de FRA para la producción de concreto estructural es factible, en contra de la noción generalizada (incluso en códigos).

Finalmente, teniendo en cuenta el comportamiento mecánico aceptable de estos materiales y el hecho de que algunas estructuras no se ven afectadas por problemas de durabilidad (por ejemplo, elementos de concreto protegidos de agentes agresivos naturales), el concreto FRA puede ser una fuente útil de material para la producción de concreto y podría remplazar FNA en algunas mezclas de concreto (Evangelista & De Brito, 2010).

ASPECTOS GENERALES SOBRE EL CONCRETO RECICLADO

Los autores revisados destacan además aspectos importantes que permiten contar con información fundamental que hay que considerar en futuras investigaciones o como base para la aplicación e implementación del uso de concreto reciclado.

En cuanto a aspectos técnicos, Barra (1996) menciona que el consumo de cemento, para obtener la resistencia a compresión respecto a un concreto dosificado con agregados convencionales, aumenta entre un 7,2 % para resistencias a compresión más bajas y un 17,3 % para las más altas. Por otra parte, en su estudio sobre las cualidades físicas y mecánicas de los agregados reciclados de concreto. Gómez et al. (1999) reportaron que al parecer el porcentaje de agregado natural sustituido del orden de 0,30 en los concretos reciclados marca la frontera entre el proceder de éstos y de un concreto normal, y que en cuanto a la viabilidad de la fabricación de elementos estructurales de concreto reciclado se deberán tomar en cuenta los parámetros y coeficientes adecuados al comportamiento de estos concretos.

En la investigación de Tonda et al. (2009), titulada “Reciclado de hormigón sin preselección en origen”, no se contemplaron aspectos vinculados a la durabilidad, tales como contenido de sustancias nocivas de los agregados, permeabilidad al ion cloruro, penetración del agua a presión o absorción del concreto endurecido, por lo que recomendaron el estudio para uso con fines estructurales, ya que la mayor porosidad de los agregados reciclados afecta la durabilidad del concreto. Adicionalmente, destacan la posibilidad del uso del agregado reciclado y anotan las ventajas medioambientales y socioeconómicas.

En su trabajo “El uso de agregados reciclados en España”, Rodríguez (2011) menciona que en 2006 cada español consumía 11.650 kg de agregados al año (150 veces su peso). El transporte de agregado a más de 40 kilómetros hacía que el transporte fuera más costoso que el agregado, por eso las canteras deberían estar cerca del centro de consumo. Para construir una vivienda unifamiliar se requerían 400 toneladas de agregados, para un colegio o un hospital se necesitarían 15.000 toneladas y para un kilómetro de autopista, 30.000 toneladas. Velandia (2011), por su parte, señala que las propiedades del agregado reciclado de concreto, como porosidad, absorción y granulometría, no son impedimento para

usarlo en la fabricación de concreto reciclado, con el que se han obtenido altas resistencias. En la compilación hecha por Rakshvir et al. (2006), Topcu (1997) encontró que en las pruebas de impacto la profundidad del daño fue mayor en concreto con agregados provenientes de residuos; la razón más importante fue que la pasta de cemento con escombros y desechos es frágil, lo cual afecta la resistencia al impacto del concreto.

En cuanto a lo relacionado con la elaboración de aplicaciones estructurales, Velandia (2011) menciona que en países como Estados Unidos, Inglaterra, Australia y Alemania lo usan en la fabricación de concretos estructurales, como en la construcción del aeropuerto internacional O'Hare en Chicago. Desde el punto de vista económico, la utilización del agregado reciclado puede ser competitiva, dependiendo entre otros factores de los incentivos gubernamentales y la normativa que exija su uso.

Martínez et al. (2006), en su estudio sobre el comportamiento mecánico de concreto fabricado con agregados reciclados, concluyeron que el reciclaje del concreto para fabricar agregado reciclado y sustituir al natural es una práctica que debe empezar rápidamente, debido a la escasez de materiales pétreos.

En la actualidad hay una normativa para el uso del reciclado del concreto, principalmente en países de Europa, aspecto que incide además en la economía y en el mejoramiento de las condiciones medioambientales. La Unión Europea de Productores de Áridos (UEPG), la cual tiene miembros en 31 países, reportó en su informe bianual 2010-2011 que la demanda de agregados en Europa es de 3000 millones de toneladas, generando un negocio de 20.000 millones de euros, mientras que la demanda de agregados es de 5,5 toneladas per cápita. El 90 % de los agregados producidos corresponde a recursos naturales, en tanto que el restante 10 % se divide así: 6 % de agregados reciclados, 2 % de agregados marinos y 2 % de agregados elaborados. Se describe además la cantidad de agregado necesario para ciertos tipos de construcciones: casa nueva, 400 t; escuela nueva, 3000 t; estadio deportivo, 300.000 t, y un kilómetro de autopista, 9000 t. Cada una de estas construcciones requiere el cumplimiento de especificaciones técnicas para los agregados, tales como la forma, durabilidad, abrasión, resistencia al hielo y deshielo.

Se halló que en el mundo se generan 900 millones de toneladas de residuos de construcción y demolición

al año y que los países que mayor cantidad de concreto desechan son Estados Unidos, Japón y algunos países de Europa. En estos últimos la producción de residuos de la construcción son del orden de 1,0 kg/hab./día y en ciudades muy pobladas puede ascender a 1,5 kg/hab./día (Serrano, 2009). No obstante lo anterior, algunos países europeos prevén en sus normativas la obligación de introducir un porcentaje de material reciclado en las obras de construcción, además de que cuentan con plantas de reciclaje, legislación y trabajo en laboratorio sobre el tema, lo que ha contribuido a aclarar la concepción que se tiene sobre los materiales reutilizables, dado que la cultura del reciclaje ha estado poco arraigada en la sociedad.

“El concreto es el segundo producto de mayor consumo en la Tierra, después del agua”, comentó a la revista *Obras* el doctor Koji Sakai, investigador de la Universidad de Kagawa en Japón, quien señaló que el Reino Unido es el Estado que utiliza más concreto reciclado. La mayor parte de ese material se usó para infraestructura, como la construcción de los recintos para los Juegos Olímpicos de Londres en 2012. Otro país que les da buen uso a sus materiales de residuo es Japón. La nación asiática fabrica concreto con los desperdicios de la construcción de su red vial. En Estados Unidos, Alemania, Australia, Bélgica, Holanda y los Emiratos Árabes Unidos también se aplican técnicas de recuperación de desperdicios de construcción (revista *Obras*, México, 2010).

Un ejemplo claro sobre la posibilidad de uso del concreto reciclado aparece en la normativa de la EHE (Instrucción Española del Hormigón Estructural), que para la fabricación de concreto estructural con agregados reciclados contempla sólo el 20 % de remplazo; para concreto reciclado no estructural, se permite el 100 % de agregado reciclado (Rodríguez, 2011).

INVESTIGACIONES HECHAS EN LA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA, EN LA LÍNEA DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

En el tema de concreto reciclado, resistencia, durabilidad y otros aspectos importantes, la Escuela Colombiana de Ingeniería también ha hecho su aporte. Tal es el caso de Bojacá (2008), quien a través de su trabajo de grado “Concreto sostenible como alternativa estructural, ambiental y económica en la construcción de obras

civiles” concluyó que la densidad aparente (S), obtenida en el laboratorio de los agregados gruesos reciclados 18-25 MPa y 25-32 MPa, es un 19 % menor en promedio, en comparación con el agregado grueso natural, proveniente del río Magdalena (Ricaurte, Cundinamarca), de la muestra patrón. La densidad nominal fue un 13 % menor en promedio comparada con el agregado grueso natural. La densidad aparente (SSS) fue un 14 % menor que el agregado grueso natural. La humedad de absorción de los agregados reciclados fue seis veces mayor que el agregado natural de la muestra patrón. La masa unitaria suelta de los agregados reciclados es en promedio un 25 % menor que la del agregado natural de la muestra patrón. Entre tanto, la masa unitaria es un 22 % menor en los agregados reciclados en relación con el agregado natural. En cuanto al desgaste obtenido en máquina de Los Ángeles para el agregado reciclado, éste fue del 45 %, y el valor obtenido en la muestra patrón, del 25 %. Este mayor valor del agregado reciclado obedece a la gran cantidad de pasta de cemento que se adhiere a éste. También se observó que mucho material se tritura, por lo que pierde peso; inciden en este ensayo el tamaño de los agregados, el proceso de trituración y la resistencia del concreto de origen del agregado.

En cuanto a resistencia, se reporta que la manejabilidad del concreto fabricado con el agregado grueso reciclado tiende a ser mucho menor que la del concreto convencional, debido al nivel de absorción del agregado reciclado, por lo que fue necesario humedecer el material durante cuatro horas antes de la mezcla, lo cual contribuyó a una mejor trabajabilidad del nuevo concreto. La resistencia a la compresión del concreto fabricado con agregado grueso reciclado entre 18 y 25 MPa, cuya relación agua/cemento fue de 0,6, dio un 60 % por debajo de la resistencia de diseño, mientras que la resistencia a la compresión del concreto fabricado con agregado grueso reciclado entre 25 y 32 MPa superó la resistencia de diseño. El módulo de elasticidad del concreto fabricado con agregado reciclado de entre 18 y 25 MPa tuvo un porcentaje mayor que el módulo del concreto fabricado con agregado reciclado entre 25 y 32 MPa, ya que el primero tuvo un módulo de elasticidad 37 % por encima del módulo de elasticidad establecido según los parámetros de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente, NSR-98, mientras que el segundo tuvo solamente un 1,09 % del módulo de elasticidad, según los parámetros de la

citada norma. El módulo de elasticidad obtenido en el concreto reciclado con relación A/C = 0,6 correspondió al 67 % del concreto muestra patrón, mientras que para el concreto reciclado con relación A/C = 0,4 correspondió al 65 % del concreto diseñado con agregado natural. La resistencia a la compresión obtenida en el concreto reciclado con relación A/C=0,6 fue un 51 % menor que la obtenida en el concreto con agregado natural para la misma relación.

Por otro lado, la resistencia obtenida para el concreto reciclado con relación A/C = 0,4 fue un 25 % menor, comparada con la del concreto natural. Para el caso del diseño de la mezcla realizada para el concreto reciclado, no se usó superfluidificante. La resistencia a la flexión obtenida para el concreto fabricado con agregado grueso reciclado con relación A/C = 0,6 corresponde al 82 % del obtenido con el concreto natural (muestra patrón). Para la relación A/C = 0,4 corresponde al 85 %, del concreto natural. Se observa homogeneidad en los valores, indistintamente de la relación A/C. Estos valores están entre los rangos de las investigaciones internacionales, donde se han encontrado valores límites entre el 80 y 100 % de los concretos convencionales. La absorción obtenida para el concreto reciclado, cuyos agregados de origen corresponden a una resistencia a la compresión entre 18 y 25 MPa, fue del 12,43 %. Para el agregado reciclado entre 25 y 32 MPa, fue de 9,68 %.

Pese a que su trabajo de grado no se basó en el concreto elaborado con agregado reciclado sino con adiciones diferentes, Pinzón (2009) presentó su trabajo de grado titulado “Valoración de algunas propiedades del concreto adicionado con vidrio pulverizado”, en el que concluye:

1. El asentamiento y directamente la manejabilidad del concreto se vieron disminuidos con el aumento de la dosis de vidrio; la dosis de mayor efecto en esta característica fue la de 15 %, que redujo el asentamiento en un 23,5 %.
2. A pesar de que la resistencia a la compresión aumentó a los 56 días respecto a los 28 días con todas las dosis de vidrio, es de destacar que todas las mezclas con alguna adición de vidrio (5, 10 y 15 %) presentaron menor resistencia en relación con la muestra patrón. Sin embargo, la que menos perdió resistencia respecto a la muestra patrón fue la dosis de 10 % de vidrio (sólo perdió el 7 % a los 28 días y el 3 %

a los 56 días). El comportamiento menos favorable se presentó en la mezcla de 15 % de vidrio, con una pérdida de resistencia a la compresión de 22 % a los 28 días y de un 20 % a los 56 días respecto a la muestra patrón (sin vidrio).

3. Según otra de sus conclusiones, el módulo de elasticidad calculado conforme a la norma NTC 4025 se incrementó a los 56 días en todas las mezclas con adición de vidrio pulverizado, en comparación con la mezcla patrón. Sin embargo, el módulo de elasticidad teórico siempre fue inferior en las mezclas adicionadas en las diferentes edades de medición. La mezcla con 10 % de adición fue la que tuvo un módulo de elasticidad tanto teórico como calculado más aproximado al de la mezcla patrón. En cuanto al aspecto de la valoración de la durabilidad, reporta que la mezcla con 10 % de vidrio pulverizado presentó porcentajes de variación de longitud muy similares a los de la muestra patrón; al contrario, registró mayores contracciones la mezcla de 5 % de adición de vidrio, siendo alrededor de un 60 % superiores respecto a las muestras patrón y de 10 %. La mezcla con mayor proporción de vidrio (15 %) presentó menores cambios de longitud, alrededor de un 72 % menos que las muestras patrón y de 10 %.
4. Desde el punto de vista de durabilidad, la adición en una mezcla de concreto de 15 % de vidrio pulverizado resulta favorable, ya que se disminuyen la retracción y sus posibles efectos por el menor contenido de cemento Pórtland.
5. La absorción superficial a los 56 días fue considerablemente menor en todas las mezclas con vidrio respecto a la muestra patrón, estando en valores cercanos a $0,01 \text{ ml}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, medidos a 10, 30 y 60 minutos, mientras que la muestra sin vidrio absorbió $0,09$, $0,06$ y $0,04 \text{ ml}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ en estos tiempos.
6. A los 28 días, el comportamiento de la absorción superficial aumentó en las mezclas con vidrio pero se mantuvieron siempre en valores inferiores a los de la muestra patrón. Lo anterior indica una disminución de la permeabilidad de estas mezclas.

En otro estudio para trabajo de grado, titulado “Hacia un desarrollo sostenible en la producción de concreto a partir de desechos de construcción de mampostería de arcilla”, realizado por Fuertes (2012), el autor concluyó que como solución al manejo integral

de los RCD es posible aprovechar el material de desecho de arcilla en concretos no estructurales, bloques y adoquines de uso normal.

Por su parte, Torres & Quiroga (2011) plantean en su artículo “Comparación del comportamiento de elementos estructurales elaborados con concreto convencional y concreto con agregados reciclados en Colombia”, que como forma de promover el uso de concreto elaborado con agregado reciclado en Colombia, además de la investigación acerca de sus propiedades, es necesario recopilar datos sobre el comportamiento de los elementos estructurales de RCD. De igual forma, reportan que es importante repetir experimentos como el de Arriaga (2011), con mayores contenidos de agregado reciclado. Así mismo, recomiendan construir elementos estructurales y no estructurales en proyectos reales y monitorearlos para verificar su desempeño.

Bojacá (2013), en su trabajo “Propiedades mecánicas y de durabilidad de concretos con agregado reciclado” –continuación de su primera investigación–, estudió el efecto en la resistencia mecánica y en la valoración de la durabilidad del concreto reciclado producido por el remplazo en diferentes porcentajes del agregado grueso natural por agregado grueso reciclado, mediante ensayos en probetas y en un elemento estructural. De acuerdo con los resultados obtenidos, concluyó que el agregado reciclado proveniente de la trituración de concreto comparado con el agregado natural presenta mayor humedad de absorción, menor densidad (aparente y nominal), menor coeficiente de forma y menor



resistencia al desgaste en la máquina de Los Ángeles y en el ensayo Micro Deval, lo cual coincide con los autores consultados.

Por otro lado, remplazos de hasta 40 % de agregado grueso reciclado por agregado natural no producen deterioro de las propiedades mecánicas del concreto; la resistencia a compresión de concreto con 40 % de remplazo fue similar a la de la muestra de control, mientras que la de concreto con 20 % de remplazo fue ligeramente superior. Los resultados de módulo elástico no son concluyentes, pero se puede afirmar que no hay disminución de éste. En flexión, el concreto con 20 % de remplazo tuvo un módulo de rotura similar a la muestra control, mientras que hubo una disminución de un 10 % para concreto con 40 % de remplazo.

En cuanto a los ensayos para valorar la durabilidad, se encontró que el remplazo de agregado reciclado no produjo deterioro en las propiedades; por el contrario, éstas mejoraron ligeramente; en el ensayo de permeabilidad a cloruros a 28 días, la permeabilidad del concreto con agregado reciclado fue similar a la del concreto control, mientras que a 56 días el concreto con 40 % de remplazo tuvo una permeabilidad 18 % inferior a la del concreto de control. En lo referente a carbonatación, la resistencia del concreto con agregado reciclado fue ligeramente superior a la del concreto control. Finalmente, los ensayos ISAT y sortividad dieron resultados similares. Los resultados obtenidos en la elaboración de las losas fabricadas con concreto reciclado permiten sugerir su uso en este tipo de elementos estructurales, dadas las características similares del concreto reciclado con el concreto convencional.

Se concluye, además, que el concreto reciclado en Colombia podría convertirse, al igual que en otros países, en una alternativa para usarlo en obras civiles, impactando positivamente en el medio ambiente dada la proyección de generación de escombros que se prevé, y en una posible reducción de costos de estos materiales de la construcción, generando una nueva cultura del reciclaje cuando se observen los beneficios del aprovechamiento de los residuos de la construcción.

Para futuras investigaciones, Bojacá recomendó compilar la información obtenida, tanto por la Escuela Colombiana de Ingeniería como por otras universidades, con el fin de generar guías de diseño que contemplen el uso de agregado reciclado. Por otro lado, se recomienda la construcción en concreto reciclado de

elementos estructurales y no estructurales en proyectos reales para monitorearlos y verificar su desempeño.

Para finalizar, el ingeniero Arriaga (2013), en su investigación titulada “Utilización de agregado grueso de concreto en elementos estructurales de concreto reforzado”, construyó y ensayó elementos estructurales, como vigas continuas, vigas altas, placas apoyadas en tres bordes y ménsulas con concreto con agregado reciclado y remplazo de agregado grueso del 20 %. Concluyó de manera general que para una sustitución del 20 % del agregado grueso por agregado de concreto reciclado se obtienen comportamientos satisfactorios desde el punto de vista de resistencia mecánica, al tiempo que las diferencias entre el concreto convencional y el concreto con agregado de concreto reciclado no son significativas, lo que permite usarlas en diversos tipos de elementos estructurales, sin generar consecuencias negativas en contra de la seguridad. El desempeño de los elementos estructurales ensayados cumplió con las expectativas ante las sollicitaciones impuestas, y no se requirió ajuste alguno a las ecuaciones clásicas del diseño estructural, mostrando un comportamiento muy similar al concreto convencional o de control. El concreto con agregado de concreto reciclado es una alternativa prometedora, que amerita que se siga estudiando para en un futuro alcanzar la normalización y, por ende, su aplicación en las obras civiles del entorno colombiano, con los correspondientes beneficios al medio ambiente.

CONCLUSIÓN

De acuerdo con las investigaciones reseñadas, se puede concluir en sus resultados la factibilidad del uso de agregado reciclado en la fabricación de concreto en Colombia, al igual que en otros países. Dada la proyección de generación de escombros que se prevé para un futuro inmediato, este material se convierte en una buena alternativa para utilizarlo en obras civiles que además impactará positivamente en el medio ambiente. Por otro lado, puede redundar en una posible reducción de costos de los materiales de la construcción. En suma, podría generarse así una nueva cultura del reciclaje cuando se observe el beneficio que se deriva de su aprovechamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Alderete, N. (2010). Tesis de becarios. Ensayo a flexión de vigas de hormigón con incorporación de agregados reciclados. La Plata, Argentina: Universidad Tecnológica Nacional.
- [2] Arriaga, L. (2013). Trabajo de grado de especialización. Utilización de agregado grueso de concreto en elementos estructurales de concreto reforzado. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- [3] Astudillo, B. (2003). Análisis de los componentes en hormigones preparados con áridos reciclados [en línea]. Madrid. Disponible en internet: <http://www.minas.upm.es/catedra-anefa/Consultas/Astudillo-Beatriz-IV-IBERMAC.pdf>.
- [4] Barra, M. (1996). Estudio de la durabilidad del hormigón reciclado en su aplicación como hormigón armado. Tesis doctoral. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.
- [5] Bojacá, N. (2008). Trabajo de grado de especialización. Concreto sostenible como alternativa estructural, ambiental y económica en la construcción de obras civiles. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- [6] Bojacá, N. (2013). Trabajo de grado. Maestría en Ingeniería Civil. Propiedades mecánicas y de durabilidad de concretos con agregado reciclado. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- [7] Di Maio, A., Zega, C., Taus, V. & Traversa, L. (2004). Durability of Recycled Concretes. Incerc. Comportarea in Situ a Constructiilor. Conferinta Nationala. Bucarest.
- [8] Evangelista, L. & De Brito, J. (2007). Mechanical behaviour of concrete made with fine recycled concrete aggregates. *Cement & Concrete Composites*, 29, pp. 397-401.
- [9] Evangelista, L. & De Brito, J. (2010). Durability performance of concrete made with fine recycled concrete aggregates. *Cement & Concrete Composites*, 32; pp. 9-14.
- [10] Fuertes, A. (2012). Trabajo de grado de especialización. Hacia un desarrollo sostenible en la producción de concreto a partir de desechos de construcción de mampostería de arcilla. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- [11] Gómez, J. (s.f.). Cualidades físicas y mecánicas de los agregados reciclados de concreto. Revista *Construcción y Tecnología del IMCYC*, vol.15(167), pp.10-12.
- [12] Gómez Soberón, J., Agulló Fité, Ll. & Vázquez Romanich, E. (2002). Propiedades físicas y mecánicas de los agregados reciclados de concreto. "Tecnología y construcción", XIII-157,10-22* 0187-7895.
- [13] Gómez, J. (2010). Durabilidad del concreto. Memorias de la Conferencia Durabilidad del Concreto. Sika, Ecuador.
- [14] Gómez, J. (2011). Sortividad de concretos empleando concreto reciclado como agregado grueso. La experiencia colombiana. XI Congreso Latinoamericano de Patología de la Construcción y XIII Congreso de Control de Calidad en la Construcción. Antigua Guatemala.
- [15] González, M. (1991). Ataque químico al concreto. Exposición en el Ciclo Organizado por el ACI, Capítulo Peruano sobre Corrosión en Estructuras de Concreto. Perú.
- [16] Haro, V. (2009). Estudio de la durabilidad con áridos reciclados. Ingeniería de la construcción. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña.
- [17] Hansen, T.C., Schulz, R., Ch. F., Molin, C. & Lauritzen, E.K. (1992). Recycling of Demolition Concrete and Masonry. Report of Technical Committee 37-DCR Demolition and Reuse of Concrete. Rilem. Ed. T.C. Hansen.
- [18] Hernández, C. & Fornasier, G. (2005). Caracterización de hormigones elaborados con agregado grueso reciclado. Revista *Hormigonar*, N.º 7, pp. 6-14. Buenos Aires: Asociación Argentina del Hormigón Elaborado.
- [19] Jované, M. (2009). Comparación de permeabilidad en el concreto mediante ensayo de sortividad y permeabilidad superficial inicial. Tesis de maestría. Bogotá: Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- [20] Kasai, Y., Hisaka, M. & Yangi, K. (1988). Durability of Concrete using Recycled Coarse Aggregate; Demolition and Reuse of Concrete and Masonry, vol. 2. Reuse of Demolition Waste, Proceedings of the Second International RILEM Symposium. Ed. Y. Kasay, pp 643-651.
- [21] León, A. (2001). Propiedades del concreto reciclado como agregado. Bogotá, D.C., 170 p. Trabajo de grado (Magíster en Construcción). Universidad Nacional de Colombia. Universidad Politécnica de Valencia. Facultad de Artes. Departamento de Construcción.
- [22] López, F. (2008). Influencia de la variación de los parámetros de dosificación y fabricación de hormigón reciclado estructural sobre sus propiedades físicas y mecánica. Tesis doctoral. Gijón: Universidad de Oviedo. Departamento de Construcción e Ingeniería de Fabricación.
- [23] Malhotra, V.M. (1976) Use of Recycled Concrete as a new Aggregate. Report 76/18, Canadian Center of Mineral and Energy Technology. Ottawa, Canada.
- [24] Martínez, I. & Mendoza, J. (2006). Comportamiento mecánico de concreto fabricado con agregados reciclados. Revista *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, vol. II, N.º 3. pp. 151-164. México.
- [25] Matallana, R. (2006). *Fundamentos de concreto aplicados a la construcción*. Medellín: Instituto Colombiano de Productores de Cemento, 150 pp.
- [26] Moreno, E. et al. (2004). Efecto de la relación agua/cemento en la velocidad de carbonatación del concreto utilizando una cámara de aceleración. Revista *Ingeniería*, 8-2, pp. 117-130.
- [27] Pinzón, H. (2009). Trabajo de grado de especialización. Valoración de algunas propiedades del concreto adicionado con vidrio pulverizado. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- [28] Rakshvir, M. & Barai, S.V. (2006). Studies on recycled aggregates-based concrete. *Waste Management & Research*, 24(3), pp. 225-233. India.
- [29] Reyes, D. (1999). Manejo y reciclaje de escombros de construcción. Trabajo de grado (arquitecto). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Artes. Departamento de Construcción, 153 pp.
- [30] Rodríguez, S. (2011). El uso de agregados reciclados en España. Bogotá: Memorias Seminario Mitos y Realidades. Asogravas y Asocreto.
- [31] Rolón, J. & Nieves, D. et al. (2007). Caracterización del hormigón elaborado con áridos reciclados producto de la demolición de estructuras de hormigón. Revista *Materiales de Construcción*, 57(228), pp. 5-15.
- [32] Sakai, K. (2010). Tiempo de reciclar. Revista *Obras*. Disponible en www.cnnexpansion.com/obras/2010/02/05/tiempo-de-reciclar.
- [33] Salas, R. (1984). Reciclaje del concreto. Seminario sobre el concreto como material. Caracas: Universidad Central de Venezuela, 17 pp.
- [34] Sánchez de San Juan, M. & Alaejos, P. (2004). Aspectos químicos del árido reciclado relacionados con la durabilidad del concreto. Laboratorio Central de Estructuras y Materiales. Cedex. C/Alfonso XII, 3 y 5.

- [35] Sánchez de Juan, M. (2004). Estudio sobre la utilización de árido reciclado para la fabricación de hormigón estructural. Ingeniería civil: Construcción / ETSI. Caminos, Canales y Puertos (UPM) [citado 30 de junio de 2008]. Disponible en internet: <http://oa.upm.es/381>.
- [36] Solís, R.G., Moreno, E.I. & Castillo, R.W. (s.f.). Predicción de la resistencia con base en la velocidad de pulso ultrasónico y un índice de calidad de los agregados. *Revista Técnica de Ingeniería*, pp. 41-52. México: Universidad Autónoma de Yucatán.
- [37] Soto, I. et al. (2006). Uso de RCD como áridos reciclados y su empleo en hormigones estructurales. *Pesquisa y Tecnología Minerva*. Brasil: Escuela de Ingeniería de San Carlos. Universidad de Sao Paulo.
- [38] Terenishi, K., Dosho, Y., Narikawa, M. & Kikuchi, M. (1998). Application of Recycled Aggregate Concrete for Structure Concrete. Part. 3 – Production of Recycled Aggregate by Real Scale Plant and Quality Recycled Concrete Aggregate. Use of Recycled Concrete Aggregate, *Sustainable Construction*; Ed. Dhir, Henderson y Lymbachiya, pp. 143-156.
- [39] Thomas, C., Setián, J. & Polanco, J. (2011). Daño por fatiga en hormigones reciclados. Departamento de Ciencia e Ingeniería del Terreno y de los Materiales, ETS de Ingenieros de Caminos. *Anales de Mecánica de la Fractura*, 28, vol. 1.
- [40] Tonda, M., Begliardo, H. & Panigatti, M. (2009). Reciclado de hormigón sin preselección en origen. *Hormigonar*. Revista de la Asociación Argentina del Hormigón Elaborado, año 6, edición 18.
- [41] Torres, N. & Quiroga, P. (2012). Comparación del comportamiento de elementos estructurales elaborados con concreto convencional y concreto con agregados reciclados en Colombia. *Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería*, N.º 87, pp. 7-14. Bogotá.
- [42] Torres, J. H. (2000). Reciclaje de desechos sólidos de la construcción. Análisis comparativo para la elaboración de concreto con áridos reciclados, 158 pp. Trabajo de grado (Magíster en Construcción). Universidad Politécnica de Valencia. Bogotá: Facultad de Artes. Departamento de Ingeniería de la Construcción. Universidad Nacional de Colombia.
- [43] Torres, N. (2006). Valoración del paso de cloruros en concretos con diferentes características. *Revista Técnica American Concrete Institute*, N.º 8, seccional colombiana. Bogotá.
- [44] Torres, N. & Quiroga, P. (2011). Concreto con agregados provenientes de escombros de construcción y demolición en Colombia. *Revista Técnica American Concrete Institute*, N.º 18, seccional colombiana.
- [45] Velandia, D. (julio de 2011). Seminario Agregados Reciclados: Mitos y Realidades. Bogotá: Asocreto y Asogravas. Concretos Argos.
- [46] Memorias Seminario Experiencia Internacional para Reciclaje de Concreto (2011). Bogotá: Asogravas.
- [47] Alcaldía Mayor de Bogotá (2012). Secretaría Distrital de Ambiente. Resolución 01115 del 26 de septiembre de 2012, "por medio de la cual se adoptan los lineamientos técnico ambientales para las actividades de aprovechamiento y tratamiento de los residuos de construcción y demolición en el Distrito Capital...".
- [48] Alcaldía Mayor de Bogotá (2012). Acuerdo Distrital 489 de 2012. Plan Nacional de Desarrollo de la ciudad de Bogotá, 2012-2016.

Crítica a los métodos de educación escolar tradicional con base en métodos modernos de educación

Criticism of traditional school teaching methods based on modern teaching methods

JUANITA CASTAÑEDA ROMERO

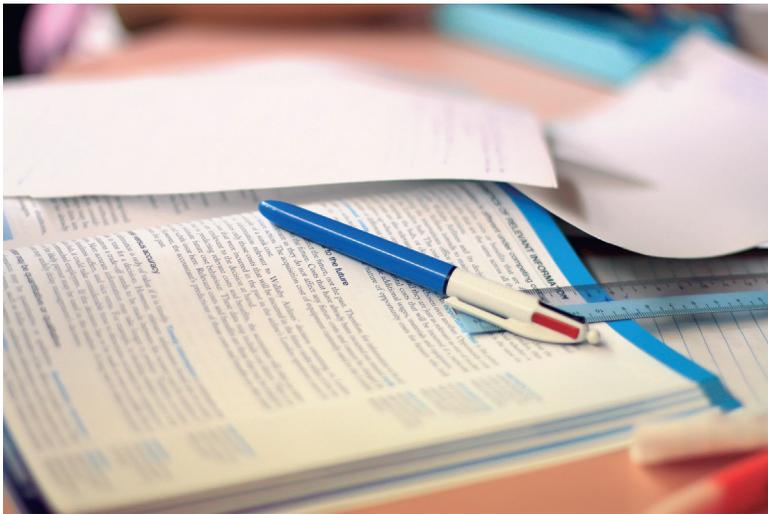
La educación es una de las cosas más importantes y esenciales en el desarrollo del individuo como persona y como parte de una sociedad. La educación es la base de todo. Por medio de la educación –y no sólo se habla de la educación escolar sino de la educación moral–, también se determina el futuro. La gente hace el futuro, pero ¿qué hace a una persona ser lo que es? La respuesta es simple: su educación. Se define como educación “El proceso de socialización y aprendizaje encaminado al desarrollo intelectual y ético de una persona; instrucción por medio de la acción docente: educación primaria; cortesía, urbanidad”¹.

Los primeros años de vida de un individuo son los más importantes, ya que en éstos se desarrollan y observan su personalidad, sus gustos, sus talentos, su temperamento, etc. La educación en estos años es la más importante, pues si la persona recibe una guía acertada, puede llegar a ser la mejor en lo que haga, además de feliz y exitosa². Por otro lado, si su educación es inadecuada, a lo largo de su vida va a encontrarse con una serie de obstáculos tanto personales como profesionales, que van a afectarlo no sólo a él sino al resto de la sociedad.

Llegamos así al tema de la educación escolar. Ésta la conforman la educación primaria y la secundaria. Aun-

1. Tomado de WordReference.com/DefiniciónEspañol.

2. En este concepto, un individuo exitoso no sólo en ámbitos monetarios, sino también personales.



que la educación preescolar entra en este campo, se va a especificar sólo lo concerniente a la educación escolar.

En los métodos tradicionales, la educación escolar dura de once a doce años; va desde el curso primero hasta el doce. En la primaria (primero a quinto), los estudiantes cursan alrededor de siete materias relacionadas con el idioma, las ciencias, matemáticas, historia, artes y educación física. Se les califica en una escala del 1 al 5, del 1 al 10 o del 10 al 100, siendo 5, 10 y 100, en su orden, un rendimiento excelente. Su comportamiento también se regula, ya sea por medio de memorandos, llamados verbales o escritos, y suspensiones escolares que no necesariamente son desescolarizaciones³ debido a su corta duración.

Durante el bachillerato, que va de los cursos sexto a doce, el campo de materias se profundiza. Las materias de artes se reducen y, por consiguiente, queda más espacio para las materias de los otros campos. También incluye una electiva, que consta de una materia avanzada de las cursadas a elección del alumno.

Este sistema, a simple vista, tiene una estructura prometedora y completa, pero quienes lo ven de este modo están ignorando una cosa que para cierta gente carece de importancia: la personalización⁴.

3. Desescolarización. “Se refiere a cualquier enfoque de aprendizaje que resulte menos estructurado”. Tomado de WordReference.com/DefiniciónEspañol.

4. Personalizar “Personificar, individualizar”. Tomado de WordReference.com/DefiniciónEspañol.

Para muchos puede sonar absurda y petulante dicha palabra, pero es realmente un concepto clave para el desarrollo de los talentos de un individuo.

Una educación personalizada no significa una educación egoísta. Sería una educación egoísta si se privara al niño de tener relaciones interpersonales⁵, pero en este caso se hace una educación personalizada en cuanto al desarrollo de los talentos. Si un niño desarrolla al máximo su talento, dicho talento será de gran aporte a la sociedad en el futuro.

Otro concepto fundamental para una educación adecuada es la creatividad. El sistema actual de educación no busca desarrollar la creatividad, no despierta la curiosidad de los niños, es rutinario y tedioso. Citando al educador y escritor inglés Ken Robinson, en su charla “Do Schools Kill Creativity?”, “No se le puede dar a alguien una inyección de creatividad. Tienes que crear un entorno para la curiosidad y una manera de animar a la gente y sacar lo mejor de ellos”⁶. La creatividad no sólo se aplica al área artística, es algo que aplicamos diariamente en nuestra vida. Ya sea en cómo reparar un viejo reloj, hasta en cómo generar un nuevo medicamento para aliviar la tos.

La creatividad se genera por medio de la curiosidad, y para desarrollar esta curiosidad en los niños se debe innovar. Cada generación llega con nuevos retos y aptitudes, no se puede pretender educar a generaciones de hoy en día con el mismo método utilizado en generaciones de hace dos años o más, y obtener un resultado favorable.

Por último, está el término de aceptación, el principal. Si en los niños y jóvenes se promueve la aceptación, ya sea de ideas, opiniones, de formas de ser, personalidades, se puede llegar a un futuro en el cual existan diferencias reconciliables. No se habla de un futuro de igualdad, en el que todos piensen y sean iguales, porque se perdería la esencia de la humanidad: su diversidad. En la diversidad nos hallamos y a la diversidad pertenecemos todos. La diversidad genera un equilibrio. Y por esto es importante conservarla. La mayoría de los

5. Asociaciones a largo plazo entre dos o más personas. Tienen lugar en una gran variedad de contextos, como la familia, los grupos de amigos, las amistades, los clubes sociales y deportivos, los entornos barriales, las comunidades religiosas, etc. Tomado de es.wikipedia.org.

6. S.K. Robinson (2007). Do Schools Kill Creativity? TED Conference.

conflictos actuales se deben a los malos juicios, dictámenes equivocados y arrogancia.

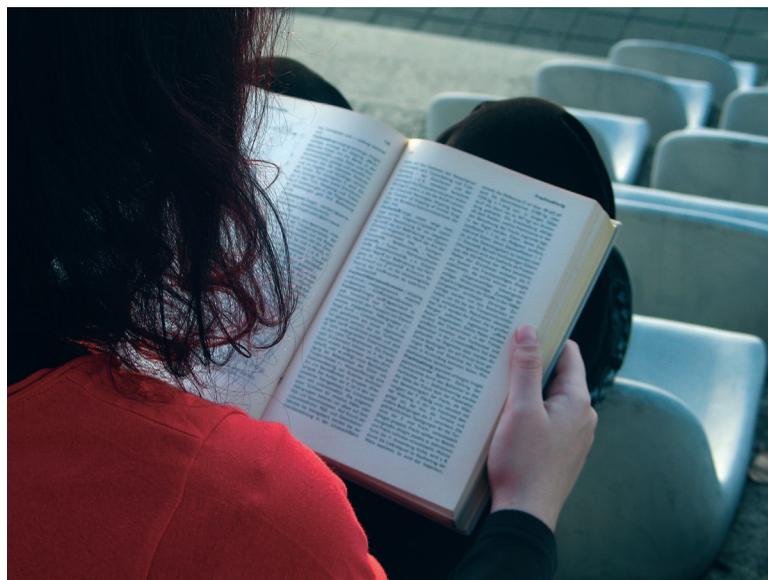
Las escuelas están divididas, categorizadas. Existen escuelas religiosas, femeninas, masculinas, laicas, etc. Estas divisiones generan estereotipos: que los alumnos de escuelas religiosas son fanáticos, que los de escuelas masculinas son homosexuales, que los de escuelas laicas son desafortunados. Estas divisiones crean desigualdades y prejuicios que no son ciertos. Prejuicios que están presentes así muchos los niegan. Y una prueba contundente de la existencia de estos prejuicios es el *bullying*⁷. Aunque el *bullying* sucede por muchos factores, es verídico que uno de éstos es la no aceptación de otras personas, ya sea por su físico, personalidad, familia, religión, etc. Son diferencias que se deben respetar.

Otro tipo de diferencias son las académicas. La educación tradicional tiende a promover más las áreas de ciencias y matemáticas. No hay una equidad en materias. Se premian las notas más altas, en vez de premiar también el esfuerzo o mejora de los alumnos. Las actividades al aire libre son escasas, lo que genera monotonía y cansancio.

Es un deber de la educación formar personas que crean en un futuro mejor y que ayuden a construirlo, que se salgan de los prejuicios y de los estereotipos, que hallen su talento y lo exploten al máximo. También es un deber de la educación estar abierta a nuevos métodos, a nuevas ideas que promuevan la curiosidad y la creatividad. Métodos modernos que rompan con lo tradicional y que transformen el concepto de escuela; que pase de ser una preocupación y un fastidio a un lugar en el cual los niños y jóvenes encuentren todo tipo de herramientas para trabajar en sus capacidades; una escuela en la que puedan ser ellos mismos, sin miedo a ser agredidos o juzgados y sin sentir la necesidad de ser igual a los demás para ser aceptados; que sientan

pasión por lo que hacen, que no vean sus notas bajas como defecto o fracaso, sino que reconozcan que no en todo se puede ser perfecto.

Más que una crítica, este ensayo es un llamado, una motivación a las escuelas tradicionales a ver que un cambio no es solamente bueno sino necesario. Que creer en un futuro mejor con una educación acertada no es algo descabellado, es algo posible. Aquí cabe citar de nuevo a Ken Robinson: “El papel de un líder creativo no es tener todas las ideas; es crear una cultura en la que todo el mundo puede tener ideas y sentir que están valorados”⁸. Es deber de la educación y de los educadores ser líderes creativos y ayudar a formarlos, para así llegar a un futuro mejor, al futuro que muchos ven lejano o inexistente.



7. *Bullying*: “Acoso escolar y toda forma de maltrato físico, verbal o psicológico que se produce entre escolares, de forma reiterada y a lo largo del tiempo”. Tomado de www.rae.es.

8. S.K. Robinson (2007). Do Schools Kill Creativity? TED Conference.

Sección especial

TIC, INNOVACIÓN Y SOCIEDAD

En esta sección especial sobre tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) se presenta una sinopsis de los temas tratados en el IV Foro Abierto: TIC, innovación y sociedad, realizado en la Escuela Colombiana de Ingeniería el 15 de abril de 2015, los aspectos más relevantes de las intervenciones de los expertos invitados al panel central y sus conclusiones finales, así como sendos artículos de divulgación aportados por la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) y la Agencia Nacional del Espectro (ANE), al igual que tres entrevistas hechas a funcionarios de alto nivel del sector (MinTIC, CRC y ANE).



Gestión del espectro y banda ancha inalámbrica. Tecnologías para reducir la brecha social en Colombia

Guillermo Teuta Gómez

De la interconexión a la hiperconexión. Retos regulatorios

Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC)

Subasta 4G

Agencia Nacional del Espectro (ANE)

Entrevistas

Luis Fernando Lozano Mier

Director de Conectividad del Ministerio de las TIC

Óscar León Suárez

Director de la Agencia Nacional del Espectro (ANE)

Juan Manuel Wilches Durán

Director de la Comisión de Regulación de Comunicaciones

Gestión del espectro y banda ancha inalámbrica. Tecnologías para reducir la brecha social en Colombia

GUILLERMO TEUTA GÓMEZ, M.Sc.

Ingeniero electrónico, especialista en Telecomunicaciones y magíster en Ingeniería, con amplio conocimiento y experiencia nacional e internacional en el sector de las telecomunicaciones. Profesor asociado e investigador de la Escuela. Forma parte de la base de datos de peritos de la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) desde el 2007.

Por primera vez, están dadas las condiciones en Colombia para poder cumplir con las recomendaciones del Foro Económico Mundial (WEF, por su sigla en inglés), el Banco Mundial (BM) y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), en el sentido de “aprovechar plenamente el uso de las TIC” y poder “transformar el dividendo digital en beneficios sociales y crecimiento económico” para el país. Con estas premisas y como plataforma de lanzamiento de los resultados del proyecto de investigación titulado “Implementación de las tecnologías de acceso inalámbrico a internet de banda ancha en zonas rurales de Colombia”, la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito y sus programas de maestría y pregrado en ingeniería electrónica realizaron el pasado 15 de abril de 2015 el IV Foro Abierto TIC, innovación y sociedad.

Los resultados del foro fueron ampliamente valorados por los asistentes, los panelistas y la prensa nacional, que se hizo eco de los temas de actualidad abordadas por los conferencistas, las primicias dadas por los funcionarios de gobierno que participaron en el panel central del evento, y las conclusiones finales del encuentro. Dicho panel lo organizó y moderó el ingeniero Guillermo Teuta Gómez, M.Sc., profesor asociado de la Escuela y experto de la academia, que forma parte de la base de datos de peritos de la CRC y quien logró convocar a los siguientes expertos del sector de las TIC:

- Ingeniero Luis Fernando Lozano Mier, director de Conectividad del Ministerio de Tecnologías de Información y las Comunicaciones (MinTIC).
- Ingeniero Nicolás Silva Cortés, coordinador de Infraestructura de la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC).
- Doctora Martha Liliana Suárez Peñaloza, asesora de la Dirección General de la Agencia Nacional del Espectro (ANE).
- Ingeniero Marlon Torres Caicedo, gerente de Asuntos Técnicos Regulatorios de Tigo.
- Ingeniero Mario Alberto Castaño González, director técnico del Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (Cintel).

La apertura del foro estuvo a cargo del rector de la Escuela Colombiana de Ingeniería, ingeniero Germán Eduardo Acero Riveros, quien dio la bienvenida a los participantes y asistentes en general, e hizo una interesante reflexión sobre lo que representan las TIC en la sociedad actual: sus beneficios, su crecimiento e innovación permanente, pero ante todo los retos que deben afrontar los actores de la sociedad de la información para convertir esta avalancha de tecnologías y servicios en acciones que permitan superar la brecha social en Colombia.

El componente internacional contó con la participación del ingeniero Jaime López Sánchez, Ph.D., de Iteam/Astellia, España, con la teleconferencia “Optimización del espectro, banda ancha móvil y sistemas de 5G”. El ingeniero López abordó temas relacionados con la demanda del espectro radioeléctrico mundial para los próximos diez años, la cual cifró en un requerimiento total de 2000 MHz nuevos, las características y retos que están enfrentando los sistemas de 5G, así como los requerimientos y soluciones técnicas del acceso a internet de banda ancha rural. En particular, profundizó sobre la coexistencia de la televisión digital terrestre (TDT)



y los sistemas móviles LTE en Colombia, así como en las opciones de compartición de espectro requeridas en soluciones futuras que involucren tecnologías Multi-RAT, SDR, SON, M-MIMO y Dynamic RAN.

La participación nacional estuvo a cargo de los ingenieros Guillermo Teuta Gómez y Carlos Andrés Agualimpia Arriaga, investigadores de la Escuela, que dieron la conferencia “Estudio prospectivo del acceso inalámbrico a internet de banda ancha en zonas rurales de Colombia”. En esta conferencia se presentaron los antecedentes, justificación, últimos avances (tecnológicos, normativos y casos de estudio), y los objetivos del proyecto de investigación financiado por la Escuela, que sustentan el estudio que como elemento innovador hizo uso de técnicas, herramientas y aplicativos de la prospectiva estratégica (metodología de escenarios y caja de herramientas de Godet) para elaborar los escenarios más probables para la implementación y el desarrollo de la banda ancha rural inalámbrica en Colombia, así como generar algunos lineamientos para apoyar la definición de la política pública de la gestión y la asignación del espectro del dividendo digital en Colombia (banda de 700 MHz).

Durante el panel central cada uno de los panelistas, desde su óptica y rol como representantes de instituciones del gobierno, operadores móviles, centros de desarrollo tecnológico, gremios y academia, se refirió a dos o más de las preguntas formuladas con anticipación, a saber:

- ¿Cuál es el estado actual de los servicios móviles de 4G en el país? ¿Cuál es la proyección futura de la banda ancha móvil e inalámbrica en Colombia?
- ¿Cuál es el estado de la regulación y uso de las bandas de frecuencia del “dividendo digital” en los ámbitos nacional e internacional? ¿Qué opina de una posible adopción del comercio del espectro (*spectrum trading*) en Colombia?
- ¿Cómo sacar el mejor provecho de las inversiones realizadas por el Estado, en el marco del programa “Vive digital”, de la Red Nacional de Fibra Óptica y de la futura Red de Alta Velocidad para la Amazonia, Orinoquia y el Pacífico chocoano? ¿Cuál es el rol que cumplen los entes territoriales en este aspecto?
- ¿Cómo pueden contribuir la academia, los centros de I+D&I y los gremios del sector de las TIC a la consolidación de una Colombia digital con inclusión y equidad social? ¿Cómo hacer realidad la banda ancha social y rural en Colombia?

El ingeniero Luis Fernando Lozano Mier destacó el avance logrado en el país en materia de inversión y cobertura de redes troncales, así como en puntos de acceso en los 1078 municipios de Colombia, con los proyectos liderados desde la Dirección de Conectividad del MinTIC. Presentó además los ejes más importantes (ciudades digitales, educación, justicia y agro) del plan Vive Digital 2, que va a desarrollarse en el periodo comprendido entre 2014 y 2018, al igual que sus objetivos y metas, tales como desplegar 1000 zonas wifi en el país, incentivar la apropiación y el uso de la tecnología, y elevar los hábitos de consumo en la base de la pirámide de los usuarios en Colombia. Lozano manifestó que el gran salto que se dio de 2,2 a 8,0 millones de usuarios de internet en los últimos cuatro años representa la condición semilla para que se empiecen a generar negocios e industrias basadas en TIC, y que se espera que este número aumente a 24 millones de usuarios en el año 2018.

A su vez, el ingeniero Nicolás Silva Cortés hizo énfasis en la necesidad de mantener alineada la regulación con las tendencias tecnológicas, los modelos de negocios y las prácticas de uso de las TIC. Destacó los logros obtenidos respecto a la regulación y control de la calidad de servicio (QoS), los avances en materia de compartición de la infraestructura entre operadores y en la defensa de los derechos de los usuarios, pero destacó la necesidad de avanzar en las definiciones y mediciones de la calidad de experiencia del usuario (QoE), concepto que va mucho más allá de la simple calidad técnica. Silva informó que en el segundo semestre del 2015 la CRC adoptará decisiones sobre la QoE, con una regulación integral que tenga en cuenta no sólo la parte técnica y del negocio, sino también los estudios prácticos realizados con los usuarios sobre percepción del servicio.

Por su parte, Martha Liliana Suárez Peñaloza, además de presentar la visión, misión y marco legal que habilita a la ANE para ser órgano consultivo del MinTIC, dio a conocer las proyecciones de los requerimientos del país en materia de ancho de banda de espectro al 2023, en el marco de las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT, por su sigla en inglés), que estaría entre 1000 (escenario conservador) y 1400 MHz (alta demanda). Si se parte de la base de que en la actualidad Colombia sólo tiene asignados 405 MHz, se comprende rápidamente la magnitud de la tarea que le espera a la ANE. La doctora Suárez anunció que en el segundo semestre

del 2015 se hará la subasta de 20 MHz de la banda de 900 MHz y algunos remanentes de bandas superiores, pero declinó hablar sobre cuándo se realizaría la primera subasta del dividendo digital (banda de 700 MHz). En respuesta a una pregunta del moderador, manifestó que “si se realizara la subasta de 700 MHz en este momento, tal como está la regulación (Decreto 2980 de 2011), las empresas Claro y Movistar no podrían participar porque tienen cumplidos los topes establecidos para las bandas menores de 1 GHz”.

A su turno, el ingeniero Marlon Torres Caicedo destacó el gran crecimiento en infraestructura TIC y en número de usuarios móviles que ha tenido Colombia en los últimos cuatro años, así como el crecimiento exponencial del internet móvil en redes 4G durante el año 2014. Basado en los estudios y proyecciones de la ANE, se refirió a los requerimientos de espectro que deben cubrir los operadores, a corto y mediano plazo, para continuar con la dinámica del mercado, pero ante todo solicitó a los organismos del Estado aumentar los tiempos de duración de los permisos de espectro y flexibilizar las condiciones de medición del QoS en las zonas rurales y apartadas, para no afectar la operación del negocio en dichas zonas. Finalmente, manifestó su desacuerdo con una posible adopción del modelo de “comercio del espectro” por parte de una empresa mayorista, por considerar que esto elevaría los costos del servicio al usuario final.

El ingeniero Mario Alberto Castaño González, por su parte, centró su disertación en las condiciones de frontera entre las TIC, el mercado y la sociedad, en un modelo de ciclo continuo en el cual, además de los factores estrictamente tecnológicos, se deben considerar los aspectos culturales y estilos de vida de cada región, los modelos de negocio, la regulación, el aporte al PIB del país y las políticas económicas y sociales del Estado, para comprender los impactos de las nuevas tecnologías. Abogó por la urgente necesidad de hacer más efectiva la interrelación entre la industria, los centros de I+D&I y la academia en general, para hacer investigaciones no sólo en temas tecnológicos sino también en los aspectos ya mencionados, en el marco de las iniciativas y programas regionales apoyados por el gobierno nacional. Destacó, como ejemplo de investigaciones interdisciplinarias y novedosas, los resultados del estudio presentado por la Escuela por haber utilizado metodologías y formalismos estratégicos para analizar las relaciones y correlaciones entre los actores del sector TIC, y que al

involucrar algunos objetivos sectoriales pudieron llegar a la formulación de escenarios posibles para un sistema específico de gran impacto social.

Las conclusiones del panel fueron las siguientes:

- La tecnología, los servicios y los usuarios de la banda ancha móvil en las redes de 4G tuvieron un crecimiento exponencial durante el 2014, mientras que el gobierno nacional cumplió sus metas del plan Vive Digital 1, pero el gran reto que se tiene ahora es la sostenibilidad de los servicios ofrecidos (conexiones digitales) en desarrollo de dicho plan.
- Las proyecciones de crecimiento para los próximos cuatro años son igualmente retardoras, pues se espera, entre otras metas, tener un crecimiento de diez veces en el tráfico de las redes móviles, multiplicar por cuatro el número de conexiones a internet y posicionar a Colombia dentro del grupo de los 30 primeros países del mundo en despliegue y uso de internet móvil.
- Si bien Colombia ha sido reconocida por las iniciativas regulatorias que establecen altos requerimientos de desempeño de las redes y una elevada exigencia en la calidad de servicio, esto no es suficiente, pues se debe avanzar hacia el cumplimiento pleno del QoE.
- Para el gobierno nacional, las bandas de espectro menores de 1 GHz, entre las que se encuentra el dividendo digital, son la joya de la corona. No obstante, la estructuración de la subasta de la banda de 700 MHz es bastante compleja, puesto que debe tener en cuenta aspectos no solamente técnicos, sino múltiples consideraciones de mercado, económicas y de impacto social. En este sentido, el compromiso y objetivo del MinTIC es que haya equilibrio entre los operadores y buenas condiciones de mercado en el uso de las bandas altas y bajas del espectro, para que se despliegue adecuadamente la banda ancha en todo el país.
- La academia y los centros de I+D&I deben centrar sus investigaciones no sólo en temas tecnológicos sino también en aspectos relacionados con la prospectiva estratégica sectorial, los nuevos modelos de negocios y servicios, la normalización y regulación que apoye los organismos de planeación, regulación y control del sector TIC, y la apropiación de la tecnología, teniendo en cuenta los modelos culturales y el acervo histórico de cada región.

De la interconexión a la hiperconexión. Retos regulatorios

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE COMUNICACIONES (CRC)

Desde comienzos de la historia, la comunicación se ha constituido en una necesidad vital para el progreso y el bienestar de la humanidad. En este contexto, y sin el ánimo de profundizar en hitos específicos, el desarrollo de las telecomunicaciones, al permitirnos trascender la distancia y tiempo, ha fomentado cambios estructurales en la interrelación de los miembros de la sociedad, y de manera estructural, en la forma en la que se realizan todas las actividades cotidianas, tales como informarnos, intercambiar datos, hacer negocios y socializar.

Así, el uso de las telecomunicaciones como herramienta transversal lo han adoptado tanto **organizaciones** (empresas, entidades de gobierno, etc.), para efectos de optimizar sus procesos, como también cada uno de nosotros como personas en calidad de **usuarios**, en la búsqueda de tener una mayor cercanía con los agentes con quienes a diario interactuamos. Ante esta diferenciación, las intervenciones regulatorias¹ tienden a hacerse en mayor medida al segundo grupo, en el entendido de que el primero resulta beneficiado indirectamente de las medidas adoptadas hacia los usuarios cuando se trata de organizaciones pequeñas o incluso medianas, mientras que las grandes poseen suficiente poder de negociación para exigir sus propias condiciones específicas.

Sobre la base de lo anterior, el enfoque que se abordará sobre esta materia en el presente artículo se da específicamente respecto del tema de las comunicaciones masivas, en la medida en que hasta la primera década del siglo XXI la industria de servicios de telecomunicaciones tuvo como uno de sus principales focos de crecimiento la obtención de masas críticas de usuarios,

que le permitieran elevar tanto sus ingresos como sus márgenes de rentabilidad, a partir de economías de escala y de red.

¿DE DÓNDE VENIMOS?

Históricamente, la prestación de servicios masivos de telecomunicaciones se ha sustentado en el desarrollo integrado de redes y servicios por parte de operadores estatales únicos, que tenían a su cargo el despliegue de las primeras para efectos de la ampliación de la cobertura y la atención de la demanda. En forma paralela, respecto de los servicios prestados, debe decirse que las telecomunicaciones masivas estuvieron centradas por décadas en la transmisión de voz, de manera tal que se permitiera a los usuarios entablar conversaciones con un mayor grado de alcance geográfico cada vez y sin una mayor diferenciación.

Dentro de este esquema, y sin desconocer algunas aproximaciones regulatorias que datan incluso de finales del siglo XIX (Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones de España, 2005), se dispuso de un primer acercamiento histórico hacia una *regulación propia* de los servicios de telecomunicaciones, esquema en el cual eran los mismos operadores incumbentes estatales quienes establecían sus condiciones de operación y de atención hacia sus clientes. En este contexto, por tratarse de una prestación dada a través de un esquema de monopolio, las medidas internas adoptadas por estos agentes se orientaban más hacia aspectos técnicos que hacia las necesidades o expectativas propias de los usuarios. Por su parte, estos últimos “aceptaban” las condiciones ofrecidas y daban por naturales aspectos tales como calidad defectuosa y tiempos de espera de meses para instalación de líneas.

En este ambiente, los principales aspectos sujetos a interacción con terceros se enfocaban en comunicaciones de larga distancia internacional, en los que los operadores de cada país debían establecer contacto

1. Si bien la regulación puede tener, técnicamente, una aproximación hacia la seguridad, en este contexto del presente documento ésta se da hacia una aproximación económica y social, referida a definición de condiciones técnicas y controles de tarifas en los casos necesarios, siempre en aras de la proteger a los usuarios (Jordana, 2004).

con otros agentes para permitir el tránsito de llamadas entrantes y salientes. Así, las recomendaciones dadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) marcaban la pauta no sólo desde lo técnico, sino también desde la perspectiva económica, particularmente con la aplicación de los conceptos de las tasas de distribución y partes alícuotas (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 1998), conceptos que no necesariamente reflejaban eficiencias ni constituían aproximaciones eficientes a los costos de provisión del servicio.

A una escala menor pero fenomenológicamente comparable, el mercado colombiano vivió condiciones similares, dada la particularidad observada al contar, por una parte, con la Empresa Nacional de Telecomunicaciones (Telecom) en su carácter de operador titular nacional, creada en 1947, y a la vez con empresas que al igual que en la tendencia mundial eran propiedad estatal, pero que su ámbito de cubrimiento se enfocaba únicamente en las principales capitales del país (CRT, 2000). En este contexto, Telecom establecía normas de referencia para aplicarlas tanto en aquellos sitios en los que prestaba directamente sus servicios a los usuarios finales, y que a su vez se constituían en criterios que debían seguir los demás operadores del país, los cuales, según su tamaño, podían también establecer criterios propios de diseño y despliegue de sus redes.

Si bien hasta este punto se puede afirmar que el esquema de *regulación propia* predominaba por las características del servicio ofrecido, así como por el enfoque estatal respecto de la responsabilidad de prestación directa de éste, desde la década de los ochenta se empezó a gestar un cambio significativo en esta materia. De manera general, a mediados de dicho periodo los principales países de Europa Occidental, con Reino Unido como pionero (Institute for Government, UK), y Japón dieron inicio a procesos de despublicación de sus empresas estatales de telecomunicaciones (Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones, España, 2005).

Este fenómeno estuvo acompañado también de la generación de marcos legales alineados con fenómenos generales de apertura de las economías que propenden a introducir competencia en sectores tradicionalmente monopólicos, en la búsqueda de diversos objetivos, tales como hacer más eficiente la prestación de los servicios,

así como de fomentar la innovación y el despliegue de redes y su cobertura, entre otros aspectos (Martínez Fajardo & Martínez Cárdenas, 2003).

Aunque la forma en que cada país llevó a cabo dichos procesos posee sus respectivas particularidades, los fenómenos citados llevaron a que en aquellos casos donde el monopolio se mantuvo y únicamente cambió su carácter público a privado, se generara a los estados la necesidad de establecer un conjunto de reglas a las cuales dicho agente estaría sometido para efectos de evitar potenciales abusos de su parte. Por otro lado, en aquellas circunstancias en las que se propendió a introducir competencia, el rol estatal se orientaba hacia la generación de condiciones que facilitarían la efectiva entrada en operación de los nuevos agentes que retarían a los establecidos.

Ante estas necesidades, surge en el sector de las telecomunicaciones la denominada *regulación sectorial*, que por su naturaleza tiene asociado un alto componente de conocimiento técnico, pero a la vez implica la generación y utilización de modelos económicos que permitieran acercarse a esquemas de operación eficiente de estas empresas, siempre dentro del marco jurídico específico de cada uno de los respectivos ámbitos geográficos de aplicación.

Es precisamente en este contexto donde tiene cabida de manera concreta y desde un ámbito regulatorio el concepto de interconexión, en la medida en que constituye la vía a través de la cual se logra materializar en forma efectiva la competencia entre operadores de telecomunicaciones, lo que permite una comunicación bidireccional entre las redes. Al respecto, cabe anotar que si bien desde una perspectiva estrictamente técnica las acciones asociadas a esta tarea se habían venido implementando entre distintos actores por décadas mediante el uso de reglas ampliamente estudiadas por la UIT, los ámbitos de acción de los operadores previamente estaban diferenciados y su relación se consideraba complementaria y no sustitutiva.

De manera particular, cabe citar que en el caso colombiano la aplicación de estos conceptos sienta sus bases en la Constitución Política de 1991, en la que se determinaron, entre otros aspectos, la intervención del Estado en los servicios públicos y su responsabilidad de asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional. Dichos principios rectores se consolidaron y desarrollaron posteriormente en la Ley

142 de 1994, cuyo ámbito de aplicación abarca desde la perspectiva de las telecomunicaciones el servicio de telefonía pública básica conmutada.

En la citada ley se establece la creación de la Comisión de Regulación de Telecomunicaciones (CRT), organización que a partir de su creación aborda, en el ámbito de su competencia, aspectos relativos a tarifas eficientes de prestación de los servicios tradicionales de telefonía fija, al tiempo que establece las reglas generales para la interconexión entre operadores de estos servicios y fija cargos mayoristas de remuneración entre redes. A partir de estos lineamientos, la CRT resuelve las controversias surgidas entre operadores alrededor de este tema, permitiendo así la introducción efectiva de competencia en diversas ciudades del país.

En forma paralela, durante los años noventa los mismos principios dispuestos para la definición de reglas entre operadores de telefonía fija se aplicaron a relaciones existentes entre dichos agentes y los operadores de servicios de larga distancia nacional e internacional, los cuales entraron en operación a partir de 1998. Sin embargo, más allá de lo anterior, cabe destacar que en la misma década surgió el fenómeno de la telefonía móvil en el país (CRT, 2000), que si bien en principio tuvo una aproximación similar regulatoria centrada en la interconexión, posteriormente, por su grado de evolución, resultaría en una fuente generadora de nuevos retos.

REALIDAD EMERGENTE

De modo subyacente al auge de la telefonía fija y a su masificación, la telefonía móvil, originalmente concebida como un servicio de lujo, empezó a ganar progresivamente mayor penetración, sustentada en la asequibilidad de los terminales y en la reducción de las tarifas del servicio. En los países en vías de desarrollo, este fenómeno se vio acentuado por la inclusión de planes prepago, que evitan a los usuarios la obligación de un pago mensual y permiten atender progresivamente la demanda de sus servicios.

Desde una perspectiva regulatoria, las actuaciones en Colombia de principios del siglo XXI relacionadas con dicho servicio se siguieron enfocando sobre todo en temas de interconexión y de la respectiva remuneración asociada a esta última. No obstante, por cuestiones estrictamente jurídicas asociadas al hecho de que la

responsabilidad del servicio recaía siempre en el operador móvil, se crean distorsiones en la remuneración entre redes fijas y móviles, que llevan al regulador a un nuevo nivel de acción, viéndose forzado a un nivel de intervención que implicó el establecimiento de precios minoristas para este tipo de relaciones (CRT, 2005). Por otra parte, se planteó una aproximación a aspectos centrados en garantizar la calidad de la telefonía móvil, en la medida en que su adopción era cada vez mayor y con crecimiento representativo.

A pesar de lo antes expuesto, tal vez el fenómeno más disruptivo que cambiaría para siempre el esquema de prestación de los servicios de telecomunicaciones se venía gestando desde mucho tiempo atrás y se produciría a través de la conjunción de desarrollos científicos que dieron origen a la red de redes: internet. Entre ellos se destacan a) el desarrollo de esquemas de conmutación de paquetes (Kleinrock, 1961) e identificación de éstos basada en datagramas (Pouzin, 1972); b) el intercambio de información entre computadores (Roberts & Meryll, 1965); c) el desarrollo de protocolos de operación sincronizada *full duplex* (IBM, 1966 en adelante); d) las aproximaciones hacia inteligencia de red distribuida (Kahn, 1972 en adelante) y de aplicaciones soportadas en ésta (Kahn & Cerf, 1973); e) el desarrollo de redes de área local (Metcalf, 1973) y optimizaciones posteriores (Ethernet en 1981); y f) la concepción de un sistema de nombres de dominios (DNS) (1984).

Este conjunto de elementos permitió que en el ámbito académico se dispusiera de conexión entre computadores de manera activa en la década de los ochenta, mientras que sus aplicaciones comerciales comenzaron a darse en los años noventa. En esta misma época se produjo la adopción inicial de la red en Colombia, liderada por la academia, y posteriormente seguida por las empresas que día tras día evidenciaban cada vez más las ventajas de poner su información en la red.

Ahora bien, debe decirse que desde la perspectiva regulatoria el abordaje de temas relacionados con internet fue en principio relativamente ligero, en la medida en que se consideraba impropia una intervención que pudiera limitar su desarrollo o expansión. Así, países como Estados Unidos clasificaron esta innovación dentro de la categoría de servicios de información, generando un trato distinto respecto de los servicios sometidos al título II de la Ley de Comunicaciones

(Communications Act)². Por su parte, la aproximación desde la perspectiva europea, basada en mercados relevantes, se orientó –primordialmente desde finales del siglo XX– a lograr el máximo aprovechamiento de las redes de los agentes con poder significativo de mercado y promover la apropiación de la banda ancha.

Colombia no fue ajena a esta tendencia regulatoria y limitó su actuar en esa línea a monitorear la evolución de las conexiones de internet en el país desde principios del siglo XXI (CRT, 2002), con el fin de disponer de información de referencia para planes de expansión, así como de disponer de datos comparativos con otros países. Sólo hacia 2007 se estableció un primer conjunto de condiciones de calidad en esta materia, centrados primordialmente en determinar el comportamiento de las conexiones y determinar criterios para considerarlas o no de banda ancha.

Sobre esta realidad, el punto de quiebre se alcanzó con la aparición de dos fenómenos: a) la masificación de redes 3G, que permitieron un acceso con buenas condiciones de velocidad a través de redes móviles, y como consecuencia directa de lo anterior, b) la masificación de los dispositivos móviles inteligentes (*smartphones*) y el auge del desarrollo de aplicaciones para éstos. Tales hechos, aunados al despliegue cada vez más marcado de redes de banda ancha fija, terminaron por consolidar el concepto subyacente de *convergencia tecnológica*, y contribuyeron a profundizar en la práctica la separación funcional entre redes y aplicaciones.

Desde una perspectiva normativa, este fenómeno se ve reflejado en Colombia desde el año 2007 mediante la expedición del Decreto 2870, a través del cual se reconoce la convergencia y se plantea la expedición de un marco regulatorio acorde con esta realidad. Posteriormente, este mandato se llevó a un nivel superior con la expedición de la Ley 1341 de 2009, acto que entre sus fines contempla: a) el despliegue y uso eficiente de la infraestructura; b) la promoción en el desarrollo de contenidos y aplicaciones; y c) el acceso a los elementos de las redes e instalaciones esenciales de telecomunicaciones necesarios para promover la

provisión y comercialización de servicios, contenidos y aplicaciones que usen tecnologías de la información y de la comunicación.

En este contexto, la ahora Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC), como ente regulador del sector TIC, que abarcó también desde abril de 2012 aspectos relativos a la prestación de los servicios de televisión, vio la necesidad de adaptar su accionar. Para tal efecto se reconoció, por una parte, la existencia de una nueva cadena de valor que involucra actores distintos de los tradicionales operadores de telecomunicaciones, así como también la posibilidad de transmitir contenidos a través de distintos tipos de plataformas (figura 1).

Ante esta realidad, se tiene que la interconexión, como vía de acción primordial del actuar regulatorio entre operadores, pasó a constituirse en una especie de un género más amplio denominado acceso, en el que otro tipo de agentes deben contar con garantías suficientes para el uso de las redes, con el fin de prestar sus respectivos servicios.

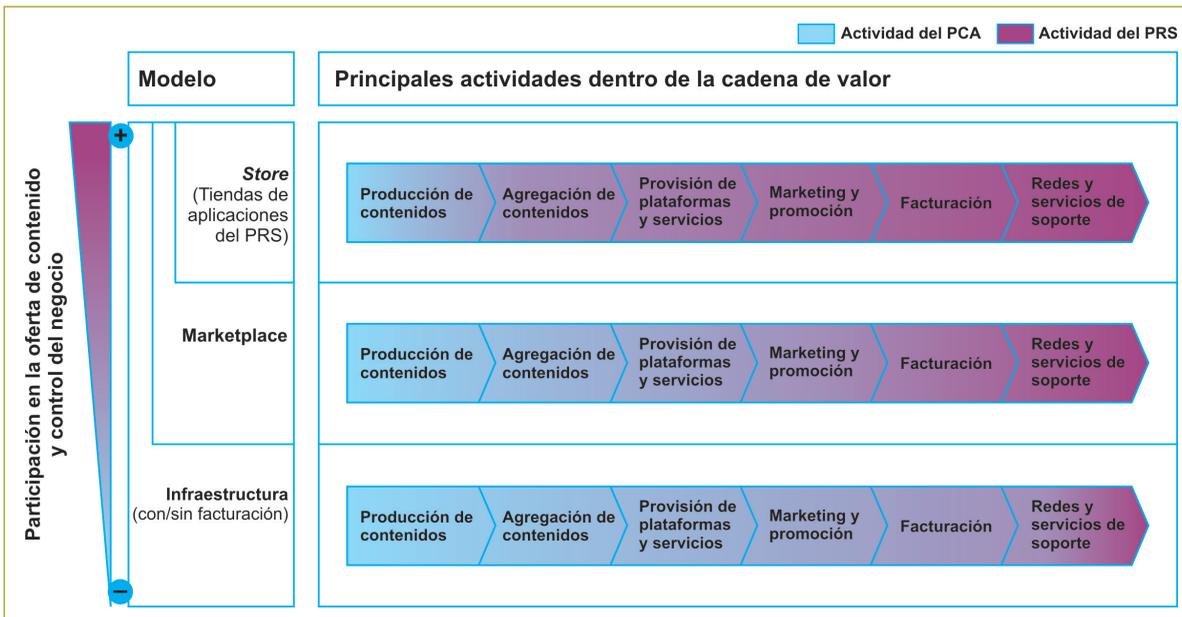
Apoyada en sus nuevas competencias, a principios de esta década la CRT tomó medidas que buscan adaptarse a una nueva realidad tecnológica, reconociendo la existencia de nuevos agentes (denominados proveedores de contenidos y aplicaciones, PCA), y propendiendo a la generación de condiciones claras y objetivas para materializar de manera efectiva el derecho de éstos para acceder a las redes de los operadores de telecomunicaciones.

¿QUÉ ESPERAR?

Aunque los avances en materia regulatoria se pueden considerar destacables y orientados al reconocimiento de un nuevo ecosistema, al ser las TIC por naturaleza muy versátiles, es evidente la existencia de nuevos fenómenos que conducen conceptualmente a la necesidad de replantear el rol del regulador.

En particular, aspectos tales como el despliegue de redes móviles de cuarta generación (4G), la presencia cada vez mayor de redes de fibra óptica, la adopción masiva de redes sociales y en general de servicios *Over The Top* (OTT), el potencial crecimiento de dispositivos conectados, así como el incremento en el grado de apropiación y conocimiento de estas tecnologías por parte de los usuarios, viene generando un fenómeno que desde principios de esta década se asocia al concepto

2. Se anota que en 2015 dicha aproximación fue sujeta de cambios por parte de la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC, por su sigla en inglés), decisión que sigue siendo motivo de diversos cuestionamientos.



Fuente: CRC, a partir de Bluenote Management Consulting (2011).

Figura 1. Modelo de negocios entre proveedores de contenidos y aplicaciones y proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones.

hiperconectividad, caracterizado por la ubicuidad, la disponibilidad permanente, el acceso a todo tipo de información, la interactividad, las comunicaciones entre máquinas y personas, y la generación de grandes volúmenes de información sujeta de análisis (Foro Económico Mundial - Insead, 2012).

Si bien las condiciones actuales llevan a afrontar nuevos retos que atiendan estas realidades, un regulador debe no solamente limitarse a reconocerlas, sino también debe anticiparse, en la medida de lo posible, a otras tendencias sobrevinientes a mediano plazo, en particular las derivadas de un marcado incremento del número de dispositivos conectados a internet (internet de las cosas, IoT, por su sigla en inglés), así como del desarrollo de nuevos modelos de negocios basados en internet, que contribuyan a la consolidación de la denominada economía digital. En este contexto, tal vez uno de los retos principales que hay que abordar debe enfocarse en la creación de condiciones apropiadas para el desarrollo local del comercio electrónico, en busca de que los usuarios lo adopten cada vez más³ y de

conseguir a la vez un mayor balance entre el uso de sitios nacionales e internacionales (Unctad, 2015).

Para tal efecto, si bien aspectos de base persistirán en el tiempo, se vislumbran desde ya nuevos retos, que de manera general se orientan a dos aspectos: a) garantizar condiciones para el continuo y eficiente despliegue de la infraestructura requerida; y b) generar condiciones para la utilización y apropiación de todo tipo de aplicaciones por parte de los usuarios.

Así las cosas, en lo relativo a *infraestructura*, se plantea como línea de acción principal continuar promoviendo una mayor cobertura de servicios de telecomunicaciones, y al tiempo, que dichos servicios cuenten cada vez con mayor capacidad y calidad, y que estén disponibles para un número cada vez mayor de personas. Sin embargo, si se considera que según cifras de la GSMA las conexiones máquina a máquina (M2M) superan los 16 millones en América Latina, su expectativa de crecimiento anual es del 25 % (GSMA, 2015) y el plan Vive Digital del gobierno nacional contempla triplicar a 2018 el número de conexiones a internet en Colombia, es claro que el crecimiento esperado no se orienta tanto a personas como a diferentes tipos de dispositivos.

En razón de lo anterior, las medidas en materia de compartición de elementos de redes seguirán constitu-

3. En el estudio de la Unctad se plantea que a 2014 solamente un 2,6 % de la población colombiana formaba parte del grupo de compradores en línea.

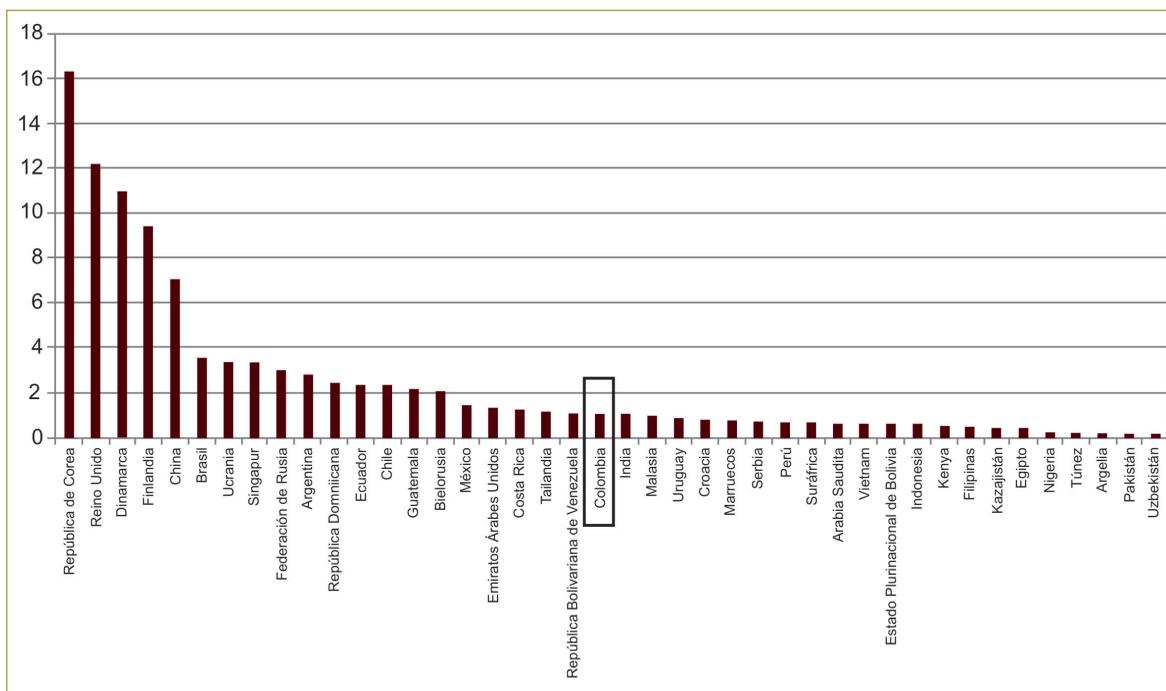
yendo una necesidad marcada que garantice, por una parte, una eficiente prestación de los servicios, y por otro lado, mantener niveles de competencia apropiados en el mercado. En ese sentido, se considera relevante reevaluar y optimizar los esquemas de interconexión, migrando de la aproximación tradicional utilizada por los prestadores de servicios de telefonía hacia plataformas convergentes, de manera tal que se propenda a la inversión o mejora en desempeño de los esquemas de interconexión entre múltiples actores regionales o nacionales (IXP), así como a la construcción de instalaciones dentro del país que permitan el alojamiento y la capacidad de procesamiento de datos a gran escala (*big data*) a precios razonables y competitivos (OCDE, 2014).

La transformación hacia este entendimiento implica, a su vez, avanzar en el desarrollo de esquemas de interacción a escala internacional con agentes distintos de las organizaciones tradicionales de telecomunicaciones (UIT, Citel, otras), abriendo espacios en organizaciones cuya concepción se ha orientado más al desarrollo propio de internet (Icann, ISOC, IGF), así como en la

preparación suficiente para desarrollar una participación activa y colaborativa dentro de éstas.

Así mismo, se requiere reforzar de manera general las medidas regulatorias en materia de acceso a las redes por parte de los proveedores de contenidos y aplicaciones, reconociendo un nuevo entorno en el que, por una parte, un conjunto reducido de dichos actores en el ámbito mundial (Google, Apple, Facebook, etc.) acapara una porción significativa de los ingresos generados por las TIC, y por otro lado, existe un número significativo de iniciativas locales, incluso promovidas en algunos casos por el propio gobierno nacional, orientadas al desarrollo de nuevas industrias alrededor de dichas tecnologías.

Ahora bien, en materia de **aplicaciones**, aunque este fenómeno se vislumbra tradicionalmente como nuevo, debe mencionarse a manera de contexto que la generación de problemas sobre éste se viene observando de tiempo atrás. Particularmente, casos de comportamientos como los evidenciados por Microsoft con la Unión Europea por el empaquetamiento de su plataforma Media Player™ con Windows™ (2003), y



Fuente: Unctad a partir de información de Euromonitor (2015).

Figura 2. Proporción de ventas minoristas a través de internet con respecto a ventas minoristas en tiendas en países seleccionados (2013)

casos recientes como los que viene atendiendo Google en dicha región respecto del mercado de búsquedas en internet (2015), han hecho visibles potenciales prácticas que pueden afectar los mercados.

A pesar de lo anterior, tal vez uno de los más importantes aspectos en esta materia tiene que ver con la profunda transformación de las TIC ya no solamente en su propio campo, sino en otras áreas de la economía. Fenómenos como Uber (US\$44,2 billones) y AirBnB (US\$10,52 billones), por destacar aquellos que han logrado recientemente una mayor valoración a corto plazo (Gayal & Rammani, 2015), vienen generando retos a escala internacional para industrias tradicionales como el transporte y la hotelería. Ello sin dejar de lado propuestas como Netflix (US\$37,83 billones) (Yahoo Finance, 2015), que a febrero de 2015 superó en Colombia las 500.000 suscripciones, y la adopción de plataformas de contenido local relevante (Caracol-Play, WinSportsOnline), reflejan una tendencia que, en caso de continuar, podría generar impacto en mercados como la televisión por suscripción.

Dado que este fenómeno es una realidad, y sin desconocer la presencia directa o indirecta en el país de grandes actores del mundo de las TIC como los antes citados, es claro también que Colombia posee

una enorme oportunidad en el desarrollo de nuevas aplicaciones, las cuales, en razón del avance tecnológico, no siempre se centran en mercados nacionales o de nicho, teniendo el potencial de satisfacer necesidades de carácter global. En esta visión, el plan Vive Digital 2 del gobierno nacional, a diferencia de la versión 1 orientada en el componente de oferta, se enfoca ahora principalmente en el componente de demanda, enunciando como uno de sus pilares fundamentales el desarrollo de aplicaciones que atiendan a la base de la pirámide, dejando así abierta la posibilidad de internacionalización de éstas a un mercado de miles de millones de potenciales usuarios.

En este entorno el reto del regulador se hace más exigente, en la medida en que debe atender la prestación de múltiples tipos de servicios sobre diversas plataformas de distribución. En ese orden de ideas, debe acotarse también que de acuerdo con la realidad del país, si bien este fenómeno es cada vez más marcado, es de carácter progresivo, por lo cual deben afrontarse condiciones de un mercado en transición en el que persistirán por algún tiempo servicios prestados de manera tradicional. A su vez, la realidad expuesta conducirá probablemente a una convergencia institucional, en la que conceptualmente existirá un regulador unificado, que se encargue

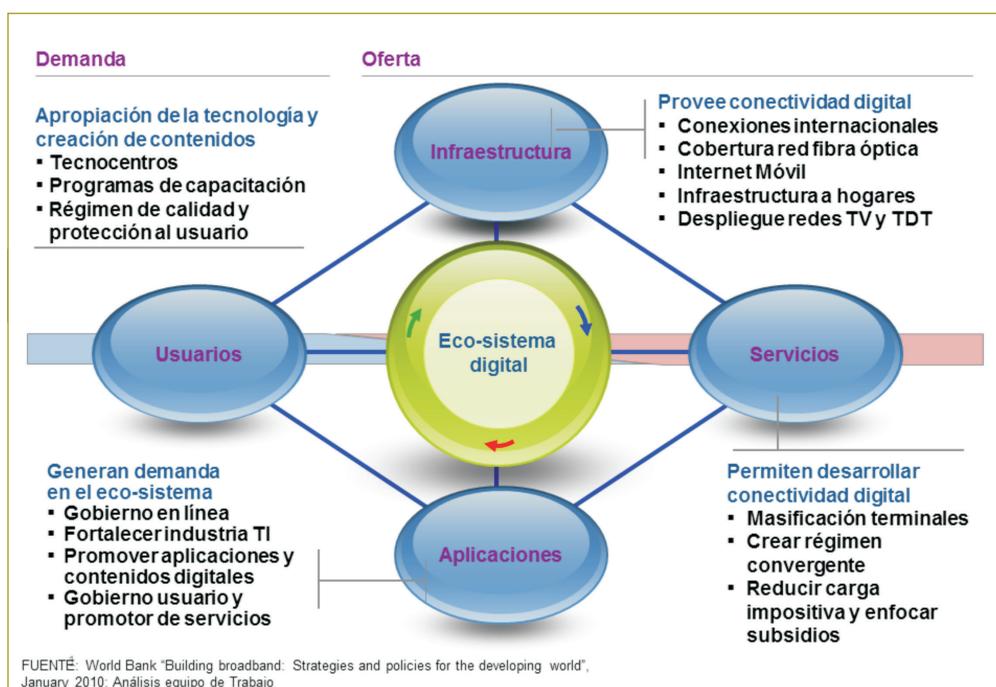


Figura 3. Ecosistema del plan Vive Digital.

de abordar los análisis y adoptar las medidas del sector TIC en forma integral.

Si bien este último paso puede ser deseable y no necesariamente indispensable, un aspecto imprescindible sin duda será pasar del reconocimiento conceptual de los fenómenos antes descritos a un conocimiento detallado de éstos. En esa medida, la interacción tradicional con operadores de servicios de telecomunicaciones o de televisión debe ampliarse, profundizando, por una parte, la interacción directa con proveedores de tecnología, y a la vez abarcando de una manera clara a los proveedores de aplicaciones y contenidos, a efectos de conocer en forma más detallada sus modelos de negocio y valorar su impacto en la economía.

Esta labor genera al mismo tiempo una clara necesidad de interactuar de manera más articulada con las entidades gubernamentales que lideran los diversos sectores de la economía del país, con miras a hacer visible en primera instancia estos fenómenos y posteriormente abordarlos de modo integral desde el gobierno.

Finalmente, es relevante destacar que a pesar de todos los cambios descritos que se esperan surtir en los siguientes años, el principal reto respecto del enfoque del regulador será continuar luchando por el bienestar de los usuarios. En ese sentido, un aspecto fundamental es el desarrollo de esquemas y herramientas de interacción con dichos agentes, que permitan generar cercanía con éstos, y a partir de esta última hacer un seguimiento permanente a la evolución de sus expectativas y necesidades en un entorno cambiante, aspectos para los cuales las propias serán claves, y el regulador estará llamado a ser un usuario modelo.

REFERENCIAS

- Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones, España (CMT) (01 de 01 de 2005). *Wikitel*. Recuperado el 18 de 05 de 2015, de http://wikitel.info/wiki/Colombia:_Historia_de_las_telecomunicaciones.
- Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones de España (CMT) (01 de 01 de 2005). *Wikitel*. Recuperado el 15 de 05 de 2015, de http://wikitel.info/wiki/Historia_de_la_Regulaci%C3%B3n_de_las_Telecomunicaciones.
- Comisión de Regulación de Telecomunicaciones (CRT) (24 de 05 de 2002). *Red Jurista*. Recuperado el 30 de 05 de 2015, de https://www.redjurista.com/documents/r crt_0502_2002.aspx.
- Comisión de Regulación de Telecomunicaciones (CRT) (13 de 09 de 2005). *Comisión de Regulación de Telecomunicaciones*. Recuperado el 30 de 05 de 2015, de https://www.crcm.gov.co/recursos_user/00001296.pdf.
- Comisión de Regulación de Telecomunicaciones (CRT) (2000). *El sector de las telecomunicaciones en Colombia*. Bogotá.
- Foro Económico Mundial - Insead (2012). *The Promise and Peril of Hyperconnectivity for Organizations and Societies*. Ginebra: Foro Económico Mundial.
- Gayal, M. & Rammani, B. (24 de 05 de 2015). *Techcrunch*. Recuperado el 29 de 05 de 2015, de <http://techcrunch.com/2015/05/24/who-will-be-hurt-most-when-the-tech-bubble-burst-not-vcs/#.pnyhto:cTcY>.
- GSMA (13 de 05 de 2015). GSMA. Recuperado el 31 de 05 de 2015, de M2M in Latin America: state of the market: <https://gsmaintelligence.com/research/?file=61597e051824446354a245fd5ed8a292&download>.
- Institute for Government, UK. (s.f.). *The Privatisation of British Telecom - 1984*. Recuperado el 21 de 05 de 2015, de http://www.instituteforgovernment.org.uk/sites/default/files/british_telecom_privatisation.pdf.
- Jordana, J. L.-F. (2004). *The politics of regulation. Institutions and Regulatory Reforms for the Age of Governance*. Cheltenham - UK: Edward Elgar Publishing Limited.
- Martínez Fajardo, C. E. & Martínez Cárdenas, E. E. (2003). Gestión estratégica neoinstitucional: Caso Telecom: ¿Regulación de segunda generación para beneficio del mercado abierto? *Innovar, Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, 15-26.
- OCDE (2014). *Estudio de la OCDE sobre políticas y regulación de telecomunicaciones en Colombia*. París: OCDE.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) (1998). *Recomendación UIT-T D-140. Principios aplicables a las tasas de distribución de los servicios telefónicos internacionales*. Ginebra: ITU.
- Unctad (2015). *Informe sobre la Economía de la Información 2015. Liberar el potencial de comercio electrónico para los países en Desarrollo*. Ginebra: ONU.
- Yahoo Finance (29 de 05 de 2015). *Yahoo Finance*. Recuperado el 31 de 05 de 2015, de <http://finance.yahoo.com/q/ks?s=NFLX+Key+Statistics>.

Subasta 4G

AGENCIA NACIONAL DEL ESPECTRO (ANE)

INTRODUCCIÓN

Durante los años 2012 y 2013, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y la Agencia Nacional del Espectro (ANE) estructuraron una subasta de espectro, con el objetivo de permitir la masificación de redes de tecnología 4G para servicios de telefonía e internet móvil.

La subasta se diseñó de tal modo que nuevas empresas tuvieran oportunidad de entrar al mercado móvil colombiano, con el fin de promover la competencia, que se traduce en beneficios para los usuarios, quienes recibirán servicios de mayor calidad, más cobertura y mejores precios.

En la Subasta 4G, realizada el 26 de junio de 2013, seis empresas pujaron en forma simultánea por siete bloques de espectro para 4G y un bloque para 3G. Los bloques para 4G constaban de tres bloques en la banda conocida como AWS y cuatro en la banda de 2500 MHz, mientras que el ofertado para 3G se encontraba en la banda de 1900 MHz.

El objetivo del presente documento es ilustrar tanto el desarrollo del proceso de estructuración de la subasta, como sus resultados. Inicialmente se describirá a grandes rasgos la composición del mercado móvil colombiano, cuya comprensión es necesaria para concluir con las medidas incluidas como parte de la subasta, entre las cuales encontramos reservas de espectro y condiciones particulares para la participación del operador dominante. En una etapa siguiente se describe el proceso de estructuración de la subasta, en el cual estuvo marcado por un extenso proceso de discusión con el sector y la participación de varias entidades de carácter público, entre ellas el Congreso de la República de Colombia y las autoridades en temas de competencia y protección de usuarios. Finalmente, se describen los resultados de la subasta y se puntualizan las obligaciones asociadas a los permisos que recaen sobre los asignatarios.

CONTEXTO COLOMBIANO EN EL AÑO 2012

Para el periodo 2010-2014, el gobierno nacional estableció las bases del Plan Nacional de Desarrollo 2010 - 2014 “Prosperidad para todos”, e incorporó lineamientos encaminados a alcanzar la competitividad, la prosperidad social y la igualdad de oportunidades, en vías del crecimiento sostenible, lo cual hace necesaria la inclusión de las TIC como motor de desarrollo, sirviendo de soporte transversal para mejorar la competitividad del país y potenciar el crecimiento de la productividad de los sectores económicos, incentivando la implementación de herramientas innovadoras, generando conocimiento, nuevos negocios y el fortalecimiento institucional del Estado con la aplicación de los postulados del Buen Gobierno.

En este sentido, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones estableció el plan Vive Digital para el periodo 2010-2014, cuyo objetivo principal es “Impulsar la masificación del uso de internet, para dar un salto hacia la prosperidad democrática”.

Uno de los principales medios para lograrlo es a través del crecimiento de las conexiones a internet móvil mediante las redes de 3G y 4G. Actualmente la telefonía móvil 3G tiene cobertura en casi todo el territorio nacional. Se espera que en la medida en que se desarrollen las redes 4G, para los operadores será posible llevar estas tecnologías a más ciudadanos, con lo cual se tendrá más acceso a internet móvil en todo el país.

Dentro del plan Vive Digital se ha establecido que la mejor forma de lograr el desarrollo del ecosistema digital es a través de la implementación de las siguientes iniciativas:

- Promover el desarrollo de 3G y 4G.
- Asignar espectro IMT en las bandas 1900 MHz, 2500 MHz y AWS (1700/2100 MHz).
- Asignar espectro del dividendo digital (banda de 700 MHz).

Con el fin de atender la necesidad anteriormente descrita, durante los años 2012 y 2013 se llevó a cabo el proceso de selección objetiva, orientado a otorgar permisos para el uso del espectro radioeléctrico de los bloques disponibles en las bandas 1900 MHz y AWS, en cumplimiento de los mandatos de la Constitución Política, la Ley 1341 de 2009 y sus decretos reglamentarios, así como con los objetivos planteados por el plan Vive Digital.

Del entorno jurídico

A continuación se describen brevemente los aspectos jurídicos que rigen la asignación de espectro en Colombia.

En el artículo 75 de la Constitución Política se establece que el espectro electromagnético es un bien público inajenable e imprescriptible, sujeto a la gestión y control del Estado, el cual debe intervenir para garantizar la igualdad de oportunidades en el acceso y evitar la práctica monopolística del espectro electromagnético en su uso, en los términos que fije la ley.

En la Ley 1341 de 2009, marco normativo del sector, se define como deber del gobierno nacional fomentar el despliegue y uso eficiente de la infraestructura para la provisión de redes de telecomunicaciones y los servicios que sobre ellas se puedan prestar, así como promover el óptimo aprovechamiento de los recursos escasos con el ánimo de generar competencia, calidad y eficiencia, en beneficio de los usuarios. De igual modo, se establece como uno de los fines de la intervención en el sector de las tecnologías de la información y las comunicaciones garantizar el uso adecuado del espectro radioeléctrico, así como su reorganización, respetando el principio de protección a la inversión, asociada al uso del espectro.

En cumplimiento de lo anterior, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones tiene como objetivo definir la política y ejercer la gestión, planeación y administración del espectro radioeléctrico¹.

Adicionalmente, en el artículo 25 de la citada Ley 1341 de 2009 se determina que el ministerio desempeñará estas funciones con base en los estudios, asesoría y soporte que en materia de espectro le presta la Agencia Nacional del Espectro (ANE).

En el Decreto 093 de 2010, por el cual se adoptó la estructura de la Agencia Nacional del Espectro, se estipularon como funciones de la entidad planear y ejecutar las actividades de gestión técnica del espectro radioeléctrico, y coordinar con las dependencias del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones elementos de interés común o compartido, así como estudiar y proponer elementos de política para la administración del espectro.

Por lo anteriormente expuesto, y en aras de alcanzar las metas establecidas en el plan Vive Digital, el Ministerio de las TIC solicitó a la ANE disponer lo necesario para que, en su calidad de organismo técnico asesor, brindara el apoyo en la realización de estudios y preparación de los borradores de los documentos requeridos para llevar a cabo los procesos de asignación de las bandas de 1900 MHz, AWS (1700-2100 MHz) y 2500 MHz.

En el artículo 72 de la Ley 1341 de 2009 se fijan las reglas para los procesos de asignación de espectro con pluralidad de interesados y se dispone que, antes del proceso de otorgamiento del permiso de uso del espectro radioeléctrico de asignación o de concesión de servicios que incluya una banda de frecuencias, se deberá determinar si existe un número plural de interesados en la banda de frecuencias correspondiente; en caso de que exista, se harán procesos de selección objetiva –como la subasta–, con el fin de maximizar los recursos para el Fondo de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Los procesos de selección objetiva se llevan a cabo de acuerdo con los lineamientos reglados en el Decreto 4392 de 2010.

Del entorno de mercado

Para 2012, antes de hacerse la subasta, el mercado móvil estaba dividido en 3 operadores móviles de 3G con presencia nacional (con marcas comerciales Claro, Movistar y Tigo), y un operador móvil de 4G, que se encontraba en la etapa de despliegue de red gracias al espectro en la banda de 2500 MHz, previamente adquirido en una subasta realizada durante el año 2010. Mediante Resolución 2062 del 27 de febrero de 2009, confirmada mediante Resolución 2152 del mismo año, la Comisión de Regulación de Telecomunicaciones –hoy Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC)– declaró a Claro empresa dominante en el mercado de voz saliente

1. Artículo 17 de la Ley 1341 de 2009.

móvil, posición dominante constatada y reiterada en el año 2012 por el regulador a través de la expedición de las resoluciones 4002 y 4050 del mismo año.

Tal como ya lo señaló la ANE (2011)², la disponibilidad de espectro radioeléctrico genera impactos de gran importancia dentro de los mercados de telecomunicaciones que requieren este recurso escaso para su provisión. Los mecanismos de asignación del espectro radioeléctrico redundan en la generación de oportunidades de dinamización e introducción de competencia en los mercados de telecomunicaciones móviles, por lo cual la Comisión de Regulación de Comunicaciones recomendó al Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones adoptar las medidas necesarias para evitar que la situación de dominio que se registraba en el mercado de voz saliente móvil se presentara en el mercado de datos móviles.

De acuerdo con las presentaciones realizadas por la Comisión de Regulación de Comunicaciones en la etapa de discusión para la estructuración de la subasta, el mercado móvil colombiano para el año 2011-2012 tenía la siguiente descripción del mercado (figuras 1-3):



Figura 1.



Figura 2.

2. ANE (2011). Documento de consulta pública para definir la política del ERE.



Figura 3.

En cuanto a la distribución del espectro radioeléctrico asignado en procesos previos a la subasta de 2013, la situación era la siguiente (figura 4):

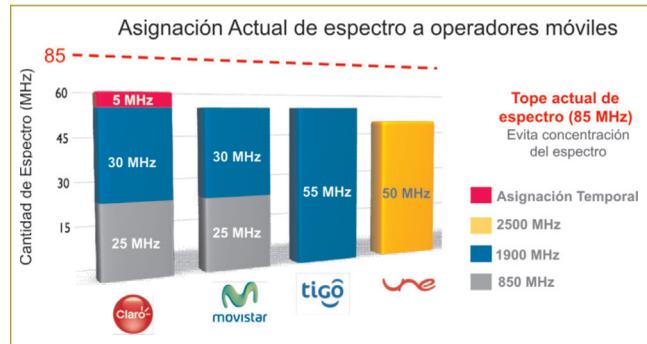


Figura 4.

Sobre topes de espectro

El tope de espectro aplicable a la subasta fue de 85 MHz, establecido mediante Decreto 2980 de 2011:

“Artículo 1. Modificación del tope de espectro.

El tope máximo de espectro radioeléctrico para uso en servicios móviles terrestres será de 85 MHz por proveedor de redes y servicios de telecomunicaciones.

Una vez culminado el proceso para otorgar permisos en la banda de 1710MHz a 1755 MHz y 2110 MHz a 2155 MHz y en la banda de 2500 MHz a 2690 MHz, el tope máximo de espectro radioeléctrico para uso en servicios móviles terrestres por proveedor de redes y servicios de telecomunicaciones quedará así:

- a) 85 MHz para las bandas altas (entre 1710 MHz y 2690 MHz).
- b) 30 MHz para las bandas bajas (entre 698 MHz y 960 MHz)”.

ESTRUCTURACIÓN DE LA SUBASTA

Sobre el proceso de estructuración

El proceso de estructuración de la subasta efectuado por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, con el apoyo técnico de la Agencia Nacional del Espectro, estuvo enmarcado en un extenso proceso de discusión con varias entidades del sector que incluyó empresas tanto privadas como públicas, entre las que se encontraban operadores móviles, fabricantes de tecnología, agremiaciones, la Comisión de Regulación de Comunicaciones, la Superintendencia de Industria y Comercio y el Congreso de la República, especialmente en sus comisiones sexta de Senado y tercera de Cámara de Representantes. Así mismo, el proceso estuvo acompañado por entidades de control encargadas de velar por la transparencia de éste, tales como la Procuraduría General de la Nación y la Contraloría General de la República.

Como herramienta de discusión, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y la Agencia Nacional del Espectro publicaron documentos de análisis de diferentes opciones para la estructuración de la subasta y de las condiciones de participación en ésta, al igual que tres borradores del proyecto de resolución mediante la cual se formalizan las condiciones del proceso; sobre dichos borradores se recibieron comen-

tarios de todos los interesados, analizados por las dos entidades para lograr un equilibrio en las condiciones establecidas para la subasta.

Los procesos de discusión se llevaron a cabo en audiencias programadas por el Congreso de la República y en espacios organizados por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y la Agencia Nacional del Espectro, en los cuales todos los interesados tuvieron oportunidad de hacer sus comentarios frente a la opinión pública.

A continuación se presentan el cronograma del proceso y una descripción de cada actividad realizada (figura 5).

Actividades durante el proceso de estructuración

Año 2007. Colombia atribuye las bandas que se van a subastar para poder usarlas en IMT. Lo anterior mediante Resolución 0332 de 2007 para la banda AWS y Resolución 909 de 2009 para la banda de 2500 MHz.

Año 2009. Empieza el proceso de migración de los ocupantes previos de las bandas objeto de la subasta. Para 2012 ya se había logrado la liberación de aproximadamente el 85 % de los enlaces, restando sólo los correspondientes a la fuerza pública, cuya migración se incluyó como obligación de asignatarios de la subasta.

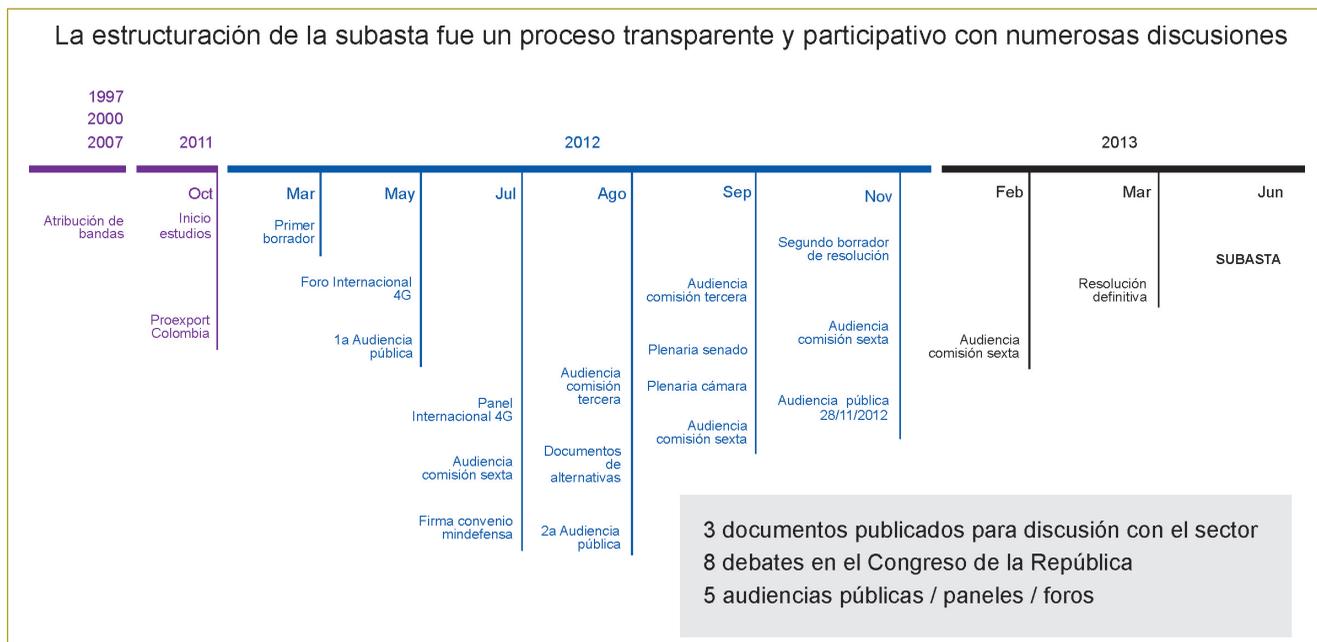


Figura 5. Cronograma del proceso de estructuración de la subasta.

Año 2010. La necesidad de masificación de internet se apoya ampliamente en el Plan Nacional de Desarrollo y es una de las metas del plan Vive Digital.

Año 2011. Se inicia con la tarea de establecer los requerimientos de las redes de la fuerza pública para poder realizar la migración de dichas redes. Se propone al sector la estrategia de colocar dicha migración como obligación de los asignatarios del espectro, generando una disponibilidad a corto plazo de las bandas que se van a subastar para destinarlas a servicios de cuarta generación.

31 de diciembre de 2011. Se publica la resolución para que se pronuncien los interesados en adquirir espectro en las bandas de AWS y 2500 MHz.

21 de marzo de 2012. Como resultado del trabajo realizado por el Ministerio de TIC y la Agencia Nacional del Espectro, y con base en los estudios hechos por la Comisión de Regulación de Comunicaciones sobre conveniencia de nuevos operadores en el mercado móvil, se publicó para comentarios del sector un primer proyecto de resolución, “Por la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para otorgar permisos para el uso de hasta 225 MHz de espectro radioeléctrico en las bandas de 1850 MHz a 1990 MHz, 1710 MHz a 1755 MHz, pareadas con 2110 MHz a 2155 MHz y 2500 MHz a 2690 MHz para la operación y prestación del servicio móvil terrestre”, que sirvió como punto inicial de un proceso de discusión con el sector.

Entre el 22 de marzo y el 28 de noviembre de 2012. Se desarrolló un extenso proceso de discusión con el sector, mediante la publicación de documentos de análisis de diferentes opciones para estructurar la subasta y las condiciones de participación en ésta, y tres borradores del proyecto de resolución a través de la cual se formalizan las condiciones del proceso; sobre éstos se recibieron comentarios de todos los interesados, que las dos entidades analizaron para lograr un equilibrio en las condiciones establecidas para la subasta. Las discusiones se pasaron por los medios de comunicación mediante audiencias públicas organizadas por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y la Agencia Nacional del Espectro. Adicionalmente, el Senado promovió espacios de discusión en audiencias de control político desarrolladas en dicha institución.

Enero y febrero de 2013. Con base en lo anterior, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones elaboró un proyecto definitivo de

resolución en el que fijó las condiciones de participación en la subasta, sobre el cual solicitó concepto de abogacía de la competencia a la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) como autoridad única de competencia. La SIC conceptuó favorablemente sobre las condiciones de subasta, y destacó la promoción de nuevos operadores al mercado móvil colombiano y otras medidas a favor de la competencia incluidas, las cuales se describirán más adelante.

11 de marzo de 2013. El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones publica la Resolución 449 de 2013.

Generalidades de la subasta

El proceso se estructuró para motivar más competencia en el sector, más puja en la subasta y, por consiguiente, la maximización de recursos para el Estado. Con el despliegue de 4G el gobierno busca mejorar la calidad, favorecer al usuario con mayor cobertura y mejores precios, y promover el desarrollo de internet para todos los colombianos.

La subasta se llevó a cabo el 26 de junio de 2013 y las condiciones de participación, el mecanismo de la subasta y las obligaciones de los asignatarios se incluyeron en la Resolución 449 de 2013, “Por la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para otorgar permisos para el uso de hasta 225 MHz de espectro radioeléctrico en las bandas de 1850 MHz a 1990 MHz, 1710 MHz a 1755 MHz pareada con 2110 MHz a 2155 MHz y 2500 MHz a 2690 MHz para la operación y prestación del servicio móvil terrestre”.

Es importante mencionar que todo el proceso de estructuración de la subasta contó con el acompañamiento y supervisión de organismos de control tales como la Procuraduría General de la Nación y la Contraloría General de la República.

Las condiciones generales se describen a continuación:

Se realizó una sola subasta de un total de 225 MHz en tres bandas de frecuencia, conformada por siete bloques de espectro para 4G (3 en AWS y 4 en 2500 MHz) y 1 para 3G (en 1900 MHz); sin embargo, **el Ministerio de TIC se reservó el derecho a reducir el número de bloques que se iban a ofertar el día de la subasta.**

Como ya se ha mencionado, Colombia cuenta con un operador móvil (con la marca comercial Claro) declara-



do operador dominante por la Comisión de Regulación de Comunicaciones, desde el año 2009. **Las reglas de la subasta establecían que el operador dominante no podría pujar por la banda AWS.**

Se incluyeron condiciones para promoción de nuevos entrantes que se describirán a continuación.

Promoción de entrada de nuevos operadores

En cada una de las bandas 4G (AWS y 2500 MHz) se reservó un bloque para la participación solamente de operadores sin permisos previos para uso de espectro en bandas destinadas a las IMT en Colombia (entrantes). **El asignatario del bloque reservado en la banda de 2500 MHz podrá escoger entre el espectro pareado o no pareado (30 MHz FDD o 40 MHz TDD).**

Los bloques no reservados, denominados bloques abiertos, permitían la participación de operadores tanto entrantes como establecidos; sin embargo, **el asignatario de cada bloque abierto debería pagar un valor adicional al ofertado en la subasta, valor que era mayor para los operadores establecidos que para los entrantes, con lo cual estos últimos también tendrían incentivos para participar por los bloques abiertos.**

Las obligaciones impuestas para los operadores entrantes que resultaran asignatarios fueron menos exigentes que para los asignatarios establecidos, independientemente del número de bloques que adquirieran.

Características de los permisos

Los permisos para uso de espectro entregados como resultado de la subasta tendrían las siguientes características:

- Las licencias se otorgaron por periodos de diez años, con posibilidad de renovación por periodos iguales, las cuales no serán automáticas ni gratuitas.
- Pago de contado para todas las bandas, escalonado de acuerdo con fechas de entrega del espectro que depende de las migraciones. Los pagos se realizarán un mes después de entregada cada porción de espectro.
- Prohibición de la cesión de espectro durante los primeros cinco años luego de otorgado el permiso. Posteriormente queda sujeto a la aprobación del Ministerio de TIC, previa verificación del cumplimiento de las obligaciones asociadas al permiso.
- El incumplimiento reiterado o sistemático de las obligaciones relacionadas con indicadores mínimos de calidad para la prestación de servicios móviles establecidos por la Comisión de Regulación de Comunicaciones dará lugar a la cancelación del permiso.
- Obligación de hacer acuerdos de *roaming* nacional (para 2G, 3G y 4G) y mejoramiento de la calidad 3G como prerequisite para iniciar ventas de servicios 4G utilizando el espectro asignado. El precio de *roaming* será el establecido por regulación por la Comisión de Regulación de Comunicaciones.
- Obligaciones de cobertura en las 1122 cabeceras municipales del país, distribuidas entre los asignatarios de acuerdo con su participación de mercado, según las reglas expuestas más adelante.
- Obligaciones de tipo social para promover la penetración del internet móvil en el país, a través de la estructuración de planes comerciales de internet móvil que incluyan el equipo terminal para beneficiar a estudiantes y profesores de escuelas públicas en estratos 1 y 2.
- Obligaciones de migración de redes pertenecientes a la fuerza pública que al momento de la subasta aun ocupaban el espectro asignado.

Condiciones para participar en el proceso

- Experiencia no inferior a cuatro años y no encontrarse dentro de causales de inhabilidad o incompatibilidad.
- Requisitos jurídicos para validación de la constitución de la compañía y otros aspectos.
- Compromiso de cumplir con las obligaciones de cobertura y las demás obligaciones en caso de resultar asignatario.

- Restricciones por vínculos decisorios comunes o participación relevante.
- Presentación de la garantía de seriedad de la oferta para participar en la subasta y compromiso de ofrecer una garantía de cumplimiento de obligaciones en caso de resultar asignatario de algún bloque del espectro. Estas garantías podrían ser póliza de seguros o garantía bancaria.

OBLIGACIONES DE LOS ASIGNATARIOS

Cobertura

Las 1122 cabeceras municipales del país se repartirán según participación de mercado de los asignatarios.

Operadores establecidos

Se distribuirán 1065 cabeceras municipales entre los operadores, proporcional al número de sus usuarios. Operador con más usuarios cubre las cabeceras más pequeñas.

Operadores entrantes

50 cabeceras municipales grandes y capitales de departamento.

Esta será la obligación de cada operador, independientemente del número de bandas que gane en la subasta.

Penetración móvil

Se deberá garantizar un número de nuevos usuarios de un plan comercial de internet móvil, que incluya el equipo terminal (tableta, portátil o híbrido), para beneficiar a estudiantes y profesores de escuelas públicas en estratos 1 y 2.

Bloques abiertos

500.000 nuevas conexiones distribuidas entre los operadores, proporcional al número de sus usuarios.

Bloques reservados

30.000 nuevas conexiones para cada bloque reservado en AWS o 2500 MHz.

MIGRACIÓN DE REDES DE LA FUERZA PÚBLICA

La red de Comando General de las Fuerzas Militares deberá ser migrada por TODOS los asignatarios.

La red de la Policía Nacional deberá ser migrada por los asignatarios de bloques abiertos en la banda AWS.

La red de la Armada Nacional deberá ser migrada por los asignatarios de bloques abiertos en la banda 2500 MHz.

El incumplimiento de la migración generará multas de alto valor.

RESULTADOS DE LA SUBASTA

Colombia subastó un total de 225 MHz en tres bandas de frecuencia, en licencias otorgadas por periodos de diez años, como se describe a continuación (figura 6):

Banda subastada	Uso	Cantidad de espectro	División de los bloques
Banda AWS	4G	90 MHz	3 bloques de 2x15 MHz
Banda 2500 MHz	4G	130 MHz	2 bloques de 2x15 MHz (FDD) y 1 bloque de 40 MHz (TDD)
Banda 1900 MHz	3G	5 MHz	1 bloque de 5 MHz

Figura 6. Resultado de la subasta.

La subasta incluyó reserva de algunos bloques para participación solamente de operadores sin permisos previos para uso de espectro IMT.

Además del pago por ellos ofrecido en la subasta, se imponían obligaciones de cobertura en las 1122 cabeceras municipales del país, distribuidas entre los asignatarios, obligaciones de tipo social para promover la penetración del internet móvil en el país y obligaciones de migración de redes que actualmente ocupan el espectro asignado. También se impusieron obligaciones de *roaming* nacional y compartición de infraestructura para los operadores establecidos en el mercado, a favor de los entrantes.

Seis empresas participan en el proceso de subasta 4G:

- Avantel SAS.
- Direct TV Colombia Ltda.
- Promesa de Sociedad Futura Azteca 4G SAS.
- Unión Temporal Colombia Móvil - ETB (Tigo-ETB).
- Colombia Telecomunicaciones S.A. ESP (Movistar).
- Comunicación Celular S.A. (Claro).

Las tres últimas en calidad de empresas establecidas en el mercado móvil colombiano y las tres primeras en calidad de entrantes, por lo cual pudieron pujar por los bloques tanto reservados como abiertos.

De las seis empresas que participaron en la subasta, cinco de ellas resultaron asignatarias de bloques de espectro, por lo cual deberán cumplir con las obligaciones ya descritas en el presente documento. El Estado colombiano recibió un total de 770.530 millones de pesos al asignar 190MHz de los 225 MHz subastados, que se destinarán en su gran mayoría a programas de telecomunicaciones sociales y los proyectos del plan Vive Digital.

Las asignaciones hechas como resultado de la subasta, al igual que la distribución de las obligaciones, se resumen en las siguientes figuras (figuras 7 y 8):



Figura 7. Distribución de los bloques asignados como resultado de la Subasta 4G.

Así mismo, luego de efectuada la subasta 4G, la distribución del espectro en Colombia quedó de la siguiente manera (figura 9):

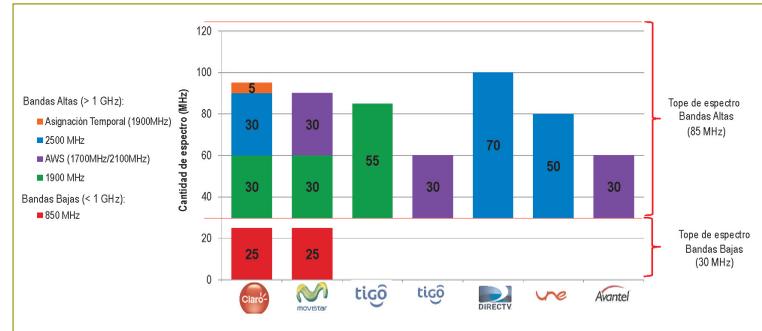


Figura 9. Distribución del espectro en Colombia.

Las entidades de control e incluso los mismos participantes en el proceso de asignación destacaron la transparencia de éste.

Gracias al resultado obtenido en este proceso de asignación, invitaron a la Agencia Nacional del Espectro a compartir su experiencia con países vecinos de la región, tales como Perú y El Salvador; igualmente, la ANE elaboró el presente documento para dar a conocer a los demás países detalles del proceso realizado.

Empresa	Bloque adjudicado	Valor TOTAL COP \$ 770.530.822.800	Obligación de Tabletas 576.149	Cobertura en Cabeceras Municipales	Migración
Claro	Banda 2.500MHz Bloque abierto (30MHz)	COP \$ 119.995.866.000	309.490	660	Armada Nacional
DIRECTV	Banda 2.500MHz Bloque abierto (30MHz) Bloque reservado (40MHz)	COP \$ 71.856.366.000 COP \$ 77.565.288.000	50.000	58	
Avantel	Banda AWS Bloque reservado (30MHz)	COP \$ 107.464.140.000	30.000	58	
EtB & tigo	Banda AWS Bloque abierto (30MHz)	COP \$ 195.749.940.000	67.396	144	Policía Nacional
movistar	Banda AWS Bloque abierto (30MHz)	COP \$ 197.899.222.800	119.263	255+58	
asteca	Sin Asignación				

La migración de la red del Comando General de las Fuerzas Militares la realizan entre todos los asignatarios

Figura 8. Distribución de las obligaciones impuestas a los asignatarios de la Subasta 4G.

ENTREVISTAS

Por Cristina Salazar Perdomo

La Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería, a propósito del foro “TIC, innovación y sociedad”, entrevistó a los directores de tres organismos adscritos al Ministerio de las TIC acerca de temas fundamentales en el sector de las telecomunicaciones.



LUIS FERNANDO LOZANO MIER

Director de Conectividad del Ministerio de las TIC
Ingeniero electrónico, especialista en Desarrollo de Proyectos de Sistemas de Comunicación Inalámbricos y Redes Celulares.

Es evidente que Colombia ha avanzado en materia de infraestructura y acceso a la tecnología. ¿Podría decirse que en estos momentos el país cumple con los estándares de acceso universal?

Sí. En el marco del plan Vive Digital, trabajamos paso a paso para que haya acceso universal a lo largo y ancho del territorio nacional.

En infraestructura, lo primero que buscamos en el plan Vive Digital 2010-2014 fue que las cabeceras municipales contaran con conexión de fibra óptica, que es el medio por excelencia para transportar toda la información que se genera en los municipios. En términos de acceso, la gran noticia es que el 100 % de ellas están contratadas para tener acceso de banda ancha, 1078 municipios a través de fibra, que ya se implementaron, y los 47 restantes por medio de una red de alta velocidad.

La Amazonia, la Orinoquia y la extremidad del Chocó, lo que es prácticamente costero, quedaron pendientes, pero ya hay un proyecto en ejecución; la meta es que a 31 de diciembre de 2015 todo el país cuente con conectividad de alta velocidad.

Además del avance, la inversión y el progreso, que son indiscutibles, hay numerosos aspectos para

considerar. Uno de ellos es el de la educación. A muchos niños se les han entregado tabletas para que, con los programas de conectividad, accedan a la información. ¿Se está integrando la inversión en infraestructura con la estrategia pedagógica? ¿Cómo lo están haciendo?

En infraestructura, nuestra oferta no sólo llegó a la cabecera del municipio sino que apoyó el despliegue de redes en los sectores menos favorecidos con un proyecto que se llama Conexiones Digitales. Adicionalmente, estamos montando unos centros de acceso comunitario de dos tipos: los urbanos, que son los puntos Vive Digital, y los rurales o quioscos Vive Digital, de los cuales hay 5524 instalados en los colegios. Con ellos nos proponemos que los niños tengan acceso a internet, como herramienta fundamental para su proceso educativo, y que la comunidad circunvecina se beneficie.

Estamos articulados con el Ministerio de Educación Nacional (MEN) para que los procesos educativos sean transversales, que los componentes educativos en todas las áreas del conocimiento apoyen la transformación mediante internet. Hay una estrategia articulada con Computadores para Educar y el MEN, enfocada en mejorar la calidad educativa.

Es valioso que la gente del campo tenga acceso a información útil que, por ejemplo, la pueda instruir o actualizar sobre su labor. Sin embargo, es necesario superar las dificultades que genera el analfabetismo digital...

La masificación de la infraestructura va acompañada de procesos de apropiación, que básicamente son etapas que debemos superar para lograr nuestro objetivo: que internet transforme y mejore la calidad de vida de los colombianos.

Hay una etapa de alfabetización digital. En cada centro comunitario tenemos un gestor de conocimiento, que está entrenado y capacitado para formar a toda la

comunidad que se acerque al quiosco Vive Digital y hacer una valoración del conocimiento de esa gente. Se establece un plan de formación personal que incluso puede empezar por alfabetización básica: qué es un computador, cómo está compuesto, etc. En la siguiente etapa aprenden a usar los programas.

A medida que se van superando etapas, se va subiendo el nivel. Tenemos casos en todo el territorio nacional de individuos que eran analfabetos digitales y hoy en día utilizan internet para algo tan sencillo como comunicarse con un familiar que está en el exterior, investigar sobre su actividad económica e incluso potenciar sus negocios creando una página web para la venta de productos. Hay una amplia gama de posibilidades, apoyadas en una estrategia de apropiación que abarca todas las dimensiones.

Estos logros hacen que uno se pregunte acerca de la supremacía del nativo digital, que ha ocasionado cierto temor en los adultos.

Hemos demostrado que el paradigma del nativo digital no existe. Mediante la masificación de la infraestructura y los procesos de acompañamiento para la apropiación hemos logrado que los niños, los adultos mayores, las personas en situación de discapacidad, mejor dicho, toda la población acceda a internet y la use.

LA INCURSIÓN DEL TELETRABAJO

Un tema que cobra cada vez mayor importancia es el del teletrabajo. Sin embargo, aunque está reglamentado y se habla mucho de sus bondades, las empresas aún son muy tímidas para incursionar en él, e incluso hay cierta resistencia a la idea de que se puede ser muy productivo y eficiente trabajando fuera de la oficina, sobre todo si es en el hogar.

Sí. Precisamente este ministerio está liderando la estrategia de teletrabajo, en conjunto con el Ministerio del Trabajo y muchas entidades más. Lo que queremos demostrarle al país es que trabajo no es un sitio al que se asiste sino una actividad que se desarrolla.

Esto implica un cambio cultural. No sólo nosotros los trabajadores sino los dueños de las empresas tenemos que aprender que las labores se pueden llevar a cabo, independientemente del lugar en que se hagan.

Hemos logrado que muchas empresas se involucren en esta práctica, generalmente como un piloto porque la gente quiere conocer el esquema, que tiene unas impli-

caciones más allá de realizar la actividad desde un sitio diferente. Hay que analizar dónde se va a establecer el trabajador, las condiciones de seguridad, los acuerdos, qué actividades son viables en un esquema de teletrabajo y en cuáles se requiere su presencia.

Incluso se ha planteado como una solución para mejorar la movilidad en la ciudad...

Sin lugar a dudas, eso podría ser también un agregado para solucionar el problema de movilidad no sólo en Bogotá sino en otras grandes ciudades. Por ejemplo, en la última jornada del no carro hicimos un piloto en el ministerio y muchos de nuestros colaboradores trabajaron desde su casa. Estamos mostrando que el esquema funciona.

COLOMBIA, A LA CABEZA

Es gratificante el positivo balance de Colombia en cuanto a cobertura y acceso a la tecnología, porque en otras áreas las listas las suelen encabezar países como Brasil y Chile.

Efectivamente, Colombia es uno de los líderes en materia de cobertura gracias a los proyectos que hemos desarrollado para la masificación de internet en las zonas rurales. Entonces, logros como el 100 % de los municipios conectados a través de redes de banda ancha y la cobertura mediante centros de acceso comunitario en áreas rurales con más de 7600 quioscos Vive Digital son algunos de los resultados que nos ponen a la vanguardia.

Además, tenemos un sistema de información muy sólido. En el portal Colombia TIC se encuentran todos los datos respecto de penetración de usuarios y números de acceso, por ejemplo, y otros relevantes de cómo vamos y adónde queremos llegar en términos de uso y servicios de TIC.

Hace unos años era evidente el rezago del país pero hoy se puede asegurar que Colombia está viviendo una revolución digital, no sólo en materia de infraestructura sino de penetración y uso de servicios de internet, lo que seguramente nos tiene en vías de convertirnos en uno de los países líderes en la región en este aspecto.

A propósito de la banda ancha, se dice que hay una estrecha relación entre el nivel de ésta y el desarrollo de un país. Incluso que puede significar uno o dos puntos en el crecimiento...

Sin lugar a dudas. Lo uno lleva a lo otro en la medida en que la utilización de la banda ancha y la internet permea todos los sectores de desarrollo del país. Por eso, con el plan Vive Digital 2014-2018 nos hemos propuesto llegar a cuatro sectores para que usen intensivamente la tecnología: TIC para salud, agro, educación y justicia.

En la medida en que esto se dé, por ejemplo con aplicaciones y desarrollos como la telemedicina, los anchos de banda necesariamente tienen que crecer. Por eso es tan importante contar con una infraestructura robusta, que admita el uso de estas nuevas dimensiones de la tecnología. Estamos creciendo y tenemos una legislación de banda ancha monitoreada permanentemente por la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC).

ACCESO PARA TODOS

Hablaba usted del acceso a la tecnología por parte de las personas en condición de discapacidad. Por ejemplo, en Vive Digital hay un programa que de entrada parece paradójico y que consiste en que los invidentes vayan a cine.

La política que estamos liderando desde el Gobierno nacional es absolutamente incluyente, lo cual significa que todos los colombianos, en la condición en que estén, puedan acceder a los servicios de internet. Para nuestra población discapacitada estamos emprendiendo muchas acciones. Una de ellas es la implementación del *software* Jaws, que se instala en los equipos y permite que gente con discapacidad visual acceda a internet. El ministerio logró que personas en tal condición puedan descargar en forma gratuita esta herramienta, que es muy costosa.

Además, hemos conseguido algo difícil de creer: que estas personas puedan ir a cine. Programamos unas funciones cada mes y la gente con discapacidad visual tiene acceso a la película completa por mecanismos de audiodescripción. La última la hicimos en seis ciudades del país, en diferentes sitios, pues la idea es que todos podamos ir a cine y compartir esa maravillosa experiencia.

¿La persona con discapacidad visual puede ir acompañada de un vidente y ver la misma película simultáneamente?

Exactamente. Una persona ve la película con audiodescripción y la otra en la forma corriente.

Con respecto a la brecha entre lo rural y lo urbano, ¿cómo se planea fortalecer la región en el plan Vive Digital 2014-2018?

Hemos alcanzado una cobertura considerable en términos de acceso al servicio de internet en las zonas rurales. De un tiempo para acá hemos venido implementando quioscos exclusivamente en los colegios porque buscamos el doble propósito, que en jornada académica los niños se beneficien y en contrajornada se abra a la comunidad, cumpliendo uno de los objetivos del primer plan Vive Digital en cuanto a que todos los centros con más de cien mil habitantes contaran con servicio de internet.

Los retos son muy grandes. Estamos hablando de que el país tiene aproximadamente 45.000 sedes educativas, de las cuales un 50 % corresponde a zonas rurales. Nos estamos enfrentando al desafío de llegar a lo más rural, a escuelas pequeñas de cinco o seis estudiantes, algo bastante complejo dadas las condiciones geográficas. En el ministerio tenemos un plan claro para que lo que hemos logrado en cobertura se mantenga, se le dé sostenibilidad y los niños sigan gozando del servicio de internet.

Continuamos trabajando para cubrir las zonas más apartadas, no sólo en este ministerio sino en el de Educación y en el de Energía, porque estamos hablando de sitios en los que no existe solución energética. Seguramente será un plan nacional para que la cobertura algún día pueda ser del 100 %.

Usted hablaba de la justicia, que es uno de los ejes en los que trabaja el ministerio. ¿Cómo va a ser la participación de las TIC en la modernización de la justicia?

Sin lugar a dudas, las TIC son una herramienta para el proceso de transformación de la justicia. Contar con los expedientes en línea, aprovechando las herramientas que nos brindan las TIC, con seguridad no sólo va a descongestionar el sector sino que va a hacer que la justicia sea más eficiente, participativa y transparente.

Estamos trabajando de la mano con el sector de la justicia, porque finalmente somos una herramienta, no el fin. Estamos poniendo a su disposición todo el crecimiento que ha tenido el país en infraestructura para que sea directamente ese sector, con nuestro apoyo, el que defina esos derroteros y determine dónde debemos

enfocar los primeros esfuerzos para mejorar la calidad de los procesos.

Si bien es claro que en materia de tecnología los logros son notables, cuando usted conoce la situación de otros países, ¿qué quisiera que alcanzara Colombia?

Evidentemente, uno espera llegar a niveles mucho más competitivos en calidad de ancho de banda, mejora de los servicios, uso intensivo de redes en todos los sectores. Creo que estamos bien enfocados, pues los lineamientos están totalmente sintonizados con lo que están haciendo países en un nivel de desarrollo superior. Hemos venido liderando la inclusión y la masificación del servicio.

En un campo particular, en cuanto a su desempeño en el sector, ¿cómo empezó su trayectoria en el área de conectividad?

El primer trabajo que tuve se relacionaba con los primeros proyectos que buscaban desarrollar la penetración de servicios de internet. Hace ocho años decidí aceptar el reto de ayudar a masificar los servicios de telefonía. Aunque existían las licencias de telefonía celular, la penetración no era tan amplia en las zonas rurales y empezamos a dar los primeros pasos en política de acceso universal por medio de la telefonía rural comunitaria, con los teléfonos satelitales. Obviamente, eso fue evolucionando y resolvimos masificar el servicio de internet a lo largo y ancho del territorio nacional. Al igual que el ministro y la viceministra, estoy convencido de que la tecnología va a ayudar en gran medida a mejorar la calidad de vida de muchos colombianos, por el acceso a la información y la capacidad de formación en internet, entre otros ejemplos.

Por muchas razones, hay profesionales que dudan sobre la conveniencia de vincularse al Gobierno y en este sector en particular, prefieren irse a la empresa privada. ¿Por qué trabajar con el Gobierno? ¿Qué les diría a los futuros profesionales relacionados con la tecnología, como los ingenieros electrónicos y de otras áreas, sobre esta opción?

Cuando uno está estudiando tiene varias expectativas respecto de su vida profesional. La primera es graduarse y la segunda desarrollarse en el ámbito profesional. Seguramente hay un interés económico. Pero sin lugar a dudas, en algún momento hay una dimensión que debemos desarrollar y es ayudar a nuestros semejantes.

La gran oportunidad que da trabajar en un cargo público con la mentalidad de servicio es poder ayudar a más colombianos. Pienso que la formación universitaria no solamente es para el usufructo personal. A mi juicio, el compromiso social da mucho más rédito profesional y satisfacción personal.

Yo los invito a que visiten nuestros quioscos Vive Digital en zonas remotas, y hablen con esos niños y esas familias, que les contarán de viva voz lo que ha significado para ellos una herramienta que para nosotros es común en las ciudades.

He recorrido el país a lo largo y ancho porque uno tiene que salir de estas cuatro paredes. La realidad no está acá, está allá. Muchas veces desde estos escritorios queremos construir proyectos acordes con las necesidades, pero la única forma de entenderlos es yendo a las regiones. En Bogotá simplemente somos unos articuladores de las ideas y las necesidades que surgen allí. Por eso estoy en contacto permanente con los beneficiarios de nuestros proyectos.



Foto cortesía del MinTIC.

CARLOS ANDRÉS CASTRO ALDANA

Profesional especializado y asesor en TIC y discapacidad
Dirección de Apropiación TC del MinTIC

Carlos Andrés es comunicador social y periodista de la Universidad de la Sabana. En el ministerio, como asesor en TIC y discapacidad, es el líder del proyecto Cine para Todos, uno de los más importantes de dicha cartera. Le habló a la Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería de la tecnología con que cuentan para las personas con discapacidad visual y auditiva, la cual constituye una oportunidad para que sean incluidos social, educativa y laboralmente.

Para las personas con discapacidad visual tenemos varios tipos de tecnología. Por ejemplo, el *software* lector de pantalla, que llamamos Convertic, que les permite transformar en sonidos todo lo que aparece en ella. Lo pueden descargar en www.vivedigital.gov.co/convertic.

También hay tecnología para las personas sordociegas. En un teclado adaptado con el sistema braille, pueden trabajar en el computador.

También contamos con la audiodescripción, que les permite disfrutar de una película. Hemos creado el programa Cine para Todos, en el que la persona utiliza audífonos y el narrador le describe y le cuenta todo lo que va pasando en la película, incluyendo escenografía, colores, personajes, movimientos. Y para quienes se encuentran en condición de discapacidad auditiva, se usa el lenguaje de señas.

Éste es un proyecto del MinTIC, en alianza con la Fundación Saldarriaga Concha y con Cine Colombia. Se lleva a cabo el último sábado de cada mes en las salas de Cine Colombia de diez ciudades del país, a partir de las 10:00 a.m.

La persona con discapacidad visual puede ir con máximo dos acompañantes. Es gratuito para el grupo. En Bogotá se ofrece en Centro Mayor y Gran Estación. En el resto del país, estamos en Cali, Barranquilla, Ibagué, Medellín y Bucaramanga, y de forma rotativa en el Eje Cafetero (Pereira, Manizales, Armenia).

Hicimos una alianza con Eurocine para empezar a abrir funciones comerciales. Es un plan piloto que llevamos a cabo en el centro comercial Avenida Chile, todos los miércoles a partir de las 6:00 p.m. Nuestro gran objetivo es que el cine ya no sea un espacio reservado para unas y otras personas, sino que los discapacitados visuales o auditivos puedan llegar a cualquier sala y a cualquier hora del día e integrarse con el público en general para disfrutar de la función que esté en cartelera. La audiodescripción se activa con la aplicación WhatsCine.



ÓSCAR LEÓN SUÁREZ

Director de la Agencia Nacional del Espectro (ANE)

La Agencia Nacional del Espectro depende del Ministerio de las TIC, que hasta hace unos días tenía un ministro muy técnico. ¿Este cambio tiene alguna implicación para la ANE?

No se puede saber todavía porque el ministro David Luna Sánchez apenas está haciendo el empalme. Por mi experiencia en el sector puedo decir que el ministro Diego Molano Vega era de los primeros en la historia del país que era técnico, más aún, tecnócrata. Tradicionalmente no ha sido así.

Con las personas que no son técnicas hay que hacer un esfuerzo adicional para explicarles muchas cosas y asesorar un poco más en detalle para que puedan tomar las decisiones adecuadas.

Al hacer un balance de los logros de la ANE en estos últimos cuatro años, qué destacaría usted.

Algo que la gente quiere saber es lo del espectro para telefonía móvil. Se cuadruplicó el espectro para cuarta generación, es decir, internet móvil de banda ancha. Se hicieron dos subastas de tercera y cuarta generación con las que el país salió adelante porque estaba atrasado muchos años. La última, de hace año y medio, fue una de las más grandes que se ha hecho en Latinoamérica.

Otro logro tiene que ver con el entrenamiento o la masificación del conocimiento en temas de telecomunicaciones y fundamentos del espectro. Tenemos más de 7000 personas capacitadas. Colombia es el único país con este resultado.

Con respecto al tiempo de las investigaciones administrativas, aumentamos la eficiencia en casi un 365 % de las actuaciones que implican el uso no autorizado o por fuera de los parámetros autorizados para utilizar este bien público.

Aunque es un área de abogados y algunos ingenieros, esto parece una planta de producción. Entonces le aplicamos mucha teoría de lotes, de restricciones, y hemos hecho que esto funcione como un relojito.

Hay otras áreas que no son tan visibles para el ciudadano del común, que tienen que ver con el proceso de permisos de espectros que se llaman microondas, para la transmisión de grandes volúmenes de información, con altas capacidades, que en el pasado tardaban más de dos años. Ahora, en cuatro meses se concretan asignaciones de ese tipo de espectro. Es un tiempo récord, incluso similar al que toma en Estados Unidos, donde significó casi diez años de trabajo en la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC, por su sigla en inglés).

¿Hay equilibrio en la distribución del espectro para telefonía móvil o a algunos se les ha asignado más?

Para evitar que se concentre en unos pocos operadores existen los toques de espectro, que se definieron por un decreto al inicio del 2011. Los actuales indican que el operador puede tener máximo 80 megahertz (MHz) en las bandas altas, eso es por encima de 1000 megas, y 30 megas en las bandas bajas, por lo cual no puede haber concentración. Sin embargo, hay una fusión en curso entre las empresas UNE y Tigo, cada una de las cuales tenía un espectro asignado. Al solicitar la fusión, la Superintendencia de Industria y Comercio la analiza y decide que en cuanto a competencia pueden hacerlo, no hay inconvenientes. Pero respecto del tope de espectro se están pasando y deben devolver al Estado o ceder a un tercero 50 MHz.

¿Cómo se procede específicamente con esos megahertz que devuelven?

La Superintendencia de Industria y Comercio estableció dos opciones: puede ser la devolución al ministerio para que éste, en conjunto con la ANE, haga una subasta para reasignarlo; o dejarlo al mercado privado, llamado mercado secundario o mecanismo flexible según su espectro, mediante el cual la fusión de Tigo podría ceder el permiso a otro operador, que no sería uno de los que están porque ya tienen el espectro, salvo que se les diera parte mas no la totalidad.

En muchos países ha disminuido el uso de la telefonía fija e incluso en algunos lugares ya se prescinde de ella. Sin embargo, en Colombia se

mantiene y parece que no va a desaparecer. ¿Será que en algún momento la telefonía móvil absorberá totalmente el mercado?

En Colombia también ha venido disminuyendo el número de líneas telefónicas fijas. Muchas personas la han cancelado y se han quedado únicamente con la móvil. Qué es lo que pasa: que hay operadores que ofrecen múltiples servicios dentro del mismo paquete. Es una opción en la que van a recibir ingresos adicionales, y simplemente si adquieren el servicio de internet más televisión, les enciman la telefonía fija.

Por otra parte, también se toma en cuenta la calidad del servicio de la telefonía móvil, que no siempre es la mejor. Hay quienes prefieren mantener la telefonía fija por esa razón. Creo que difícilmente en el mundo entero se reemplace por completo. En este momento es complementaria.

Sobre el dividendo digital y las subastas que vienen, se habla de realizarlas en agosto... ¿Qué va a pasar con esto?

Una subasta se demora habitualmente entre 15 y 20 meses porque hay que contar con un borrador para comentarios, hacer una consulta pública previa, un primer o segundo borrador de condiciones, luego el documento definitivo y, por último, la asignación. El proceso es complejo porque son recursos muy importantes y de alto impacto para la nación.

La subasta se va a iniciar durante el segundo semestre de este año, cuando se publicarán los primeros borradores de condiciones. El objetivo es hacerla en el transcurso del próximo año, más o menos en el tercer trimestre.

¿Se podría saber en este momento quiénes van a participar?

En un mes, más o menos, se sabrá. Dadas las condiciones actuales, por los topes del espectro, en la parte baja del dividendo digital, no podrían participar ni Claro ni Movistar, lo cual tiene una finalidad y es asegurar que haya condiciones de competencia adecuadas para aquellos que no tienen espectro en bandas bajas, esto es, DirecTV, Avantel, Tigo, UNE.

Pero como hay otras bandas de frecuencia, existe una porción de espectro de banda de 1900 de cinco megas y en 2500 hay 30 megas. En esa sí podrían participar los demás operadores, excepto la fusión Tigo-UNE porque sobrepasarían el tope.

LA VISIÓN DE LA AGENCIA

De acuerdo con la visión de la ANE, tengo tres preguntas. La primera es cuáles son los planes y las estrategias en materia de innovación para la consecución de la banda ancha.

Yo creo que la primera estrategia, que incluso es un caso de éxito que están analizando y tratando de repetir en otros países, fue la subasta que hicimos hace dos años, en la que se subastaron el espectro 1900 (AWS) y el de 2500. Hay una anécdota que contaba el entonces ministro Molano en las reuniones: cuando él le preguntaba al anterior director de la ANE en qué momento se podía hacer la subasta, éste le respondía “Sí, sí, ministro, hagámosla en el 2019 que es cuando podría estar disponible el espectro”. La innovación está precisamente en que se encontró el mecanismo para que ese espectro estuviera disponible desde hace más o menos un año. Esto era impensable: estaba previsto para el 2019 y lo logramos en el 2014.

Segundo, aparte de que se limpió, se logró que los que ganaron el espectro le montaran las redes a la fuerza pública, sin costo para el Estado.

Tercero, una serie de obligaciones y demás que se conectaron como parte de ese proceso. Entonces se hizo diferente, en un tiempo récord y con más beneficios para los ciudadanos.

Otro ejemplo de innovación es la internet de las cosas, o sea, pensar que en el futuro una lavadora, una nevera, cualquier electrodoméstico va a estar conectado a internet y tendrá información para que, por ejemplo, el usuario sepa que se acabó un producto. Estamos buscando que todo esto se haga realidad y para lograrlo necesitamos definir una serie de bandas del espectro, además de las condiciones tecnológicas y la preparación que se requiere.

Esto se puede demorar, dependiendo de cómo se mueva la industria. Uno podría pensar en esperar hasta dentro de cinco años a ver qué pasa, pero nosotros nos adelantamos y desde hace cuatro meses estamos trabajando en eso. Para la subasta de hace cuatro años comenzamos a trabajar desde cuatro años atrás. Todo lo que la gente empieza a ver ahora es el producto de una labor de mucho tiempo. Estamos innovando para que el país no se atrase tecnológicamente.

Hay un gran montaje detrás que la gente no ve...

Sí. Por ejemplo, en noviembre se va a realizar la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones, organizada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), en la que se define lo que se va a hacer en los siguientes cuatro años en el mundo. Discutimos, negociamos, acordamos entre todos los países qué va a suceder tecnológicamente en muchas condiciones de tipos de servicios. La telefonía móvil es uno de los 41 usos del espectro, y la gente lo ve porque es el que más conoce. Hay espectro para comunicaciones marítimas, aéreas, satelitales, sistemas de radio troncalizados, sistema de radiocomunicación de la policía, taxistas y demás; hay infinidad de usos.

Haciendo un paréntesis, debe ser muy grato llegar a una reunión de esa envergadura y estar entre los primeros países por innovación, cobertura, alcance...

Es cierto. Incluso en América está la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (Citel), que pertenece a la OEA. En una reunión que se llevó a cabo hace mes y medio hubo un foro abierto del sector de las TIC y se les permitió hablar a numerosos innovadores en el área de tecnología. En el grupo de reguladores del espectro únicamente dejaron intervenir a un país: Colombia. Somos de los pocos que mostramos cosas nuevas, diferentes. Ese estudio que se presentó allá es otro aporte original, es una proyección hasta el año 2026 del espectro para los móviles en Colombia. Ahora hay más de siete países en América que quieren copiar el modelo de lo que estamos haciendo.

En este momento somos un referente internacional. La UIT nos llamó para que la ayudáramos a desarrollar unos módulos de contenidos. Nos mandan cartas de reconocimiento, por ejemplo del sistema de monitoreo en salud, que es el más robusto de Latinoamérica.

Volviendo a la visión de la agencia, la segunda pregunta es acerca de la aplicación de las nuevas tecnologías para un sistema moderno de gestión, vigilancia y control. ¿En qué consiste?

Se trata de lo siguiente: para vigilancia del espectro, es algo así como si uno quisiera tener acceso a todas las frecuencias en el mundo o en el país. En ese caso se necesitaría un policía detrás de cada ciudadano, lo cual es financiera y logísticamente imposible. Aquí habría que

hacer lo mismo: poner un sistema de monitoreo justo detrás de cada zona del país donde quisiera hacerlo.

Cuando recibí la agencia, el sistema tenía una cobertura muy pobre, cerca del 40 %, y ahora es de más del 75 %. Sé que financieramente no es posible lograr el 100 %, pero ya se cuenta con monitoreo en buena parte. Una fracción se está haciendo con equipos muy viejos que debemos actualizar.

A esto se une que el ministerio tiene asignaciones en una base de datos. Lo ideal es que se monitorea, luego se va a la base de datos de asignaciones, se verifica si existe el permiso y se generan alarmas para indicar qué frecuencia no cuenta con él.

El sistema ideal es aquel en el que, automáticamente, se triangula o se encuentra la ubicación de la fuente y se reporta a los técnicos y abogados para que tomen las acciones necesarias. Estamos en la primera parte, en la ampliación y actualización del sistema de monitoreo. En la siguiente etapa nos proponemos triangular la información.

Todo es parte del modelo que queremos y eso implica costos. Es parte del esfuerzo que debemos hacer ante el Ministerio de Hacienda para que aprueben los recursos.

RELACIÓN CON LA COMUNIDAD**La última pregunta en relación con la visión se refiere a los planes de formación de la comunidad en temas del espectro. Qué planes son y por qué son importantes para la comunidad.**

Eso forma parte de las más de 7000 personas que se han capacitado en el país. Cuanto más se conozca un tema, es mucho más fácil analizar y construir que si simplemente dos o tres personas saben de él, como sucedía en el pasado, cuando muy pocos conocían el espectro y eran quienes tomaban las decisiones. Hoy somos muchos los que participamos porque finalmente éste es el corazón, la base de las telecomunicaciones, es decir, la radio, la televisión, la telefonía móvil, todo. Además, la limpieza o migración de una banda se demora entre tres y siete años, es un proceso complejo que requiere que muchos se involucren.

Estamos hablando de qué tipo de personas: directivos, asistentes...

Lo hemos hecho a todos los niveles. Aquí en la agencia hasta los conductores y quienes asumen cargos

asistenciales deben conocer el tema porque es parte de nuestro día a día. Ellos, al igual que muchos ministros, se han certificado.

En cuanto a la preocupación sobre la radiación, ¿está controlada o hay por qué preocuparse?Cuál es la situación real en esta materia.

No se trata de lo que diga la agencia, la ANE lo que hace es vigilar que se cumpla lo dicho por las entidades competentes. En Colombia y en el mundo esas entidades son la OMS, la International Classification for Nursing Practice (ICNP) y la Unión Internacional de Telecomunicaciones, que establecieron lineamientos y directrices. Ellos, que son los que tienen los científicos y expertos en el tema, han dicho que no afecta la salud y por principio de precaución definieron unos valores límites que están muy por debajo de lo que se podría utilizar.

Lo que hacemos es verificar que se cumplan los límites adoptados en el país desde el 2005. Hemos hecho más de diecisiete millones de mediciones y hemos confirmado el cumplimiento de los topes.

¿Cómo interactúa la ANE con otras entidades del ministerio?

Hablemos del ciclo del espectro. Después de la planeación, que se hace a escala internacional con la UIT y la Citel, sigue la definición de las bandas. Enseguida vienen la asignación, vigilancia y control, y después regreso a la medición. En ese círculo completo, nosotros hacemos la planeación y la atribución, y dentro de la asignación establecemos los términos de referencia para las subastas y las simulaciones técnicas cuyo fin es determinar la viabilidad; nos encargamos de la vigilancia y el control, es decir, que asumimos casi el 90 % del ciclo.

Hay algunos aspectos de vigilancia y control en cuanto a televisión y a difusión en AM y FM en que hacemos las investigaciones y las pruebas técnicas, luego pasamos el informe a la ANTV, la autoridad en televisión, y a vigilancia y control del ministerio. Con base en nuestras pruebas técnicas ellos proceden a sancionar el uso no autorizado, que tiene consecuencias penales. Una persona que monte una emisora AM o FM sin permiso se enfrenta a una pena entre cuatro y diez años y sanciones de hasta diez smmlv; todo esto se trabaja junto con la Fiscalía. En decomisos y allanamientos se cuenta con el acompañamiento de personal de la policía.



Foto cortesía del Mintic.

Por otra parte, en los procesos de asignación más grandes, como las subastas de espectro para móviles, interactuamos con la Superintendencia de Industria y Comercio y la Comisión de Regulación de Comunicaciones.

Se ha discutido mucho sobre el *roaming* internacional. ¿Es posible llegar a un acuerdo en Latinoamérica para que la gente pueda comunicarse fuera del país a unos costos más moderados?

Este es un tema político, un convenio entre naciones. Si tuviéramos algo como la Unión Europea, en la que se ponen de acuerdo en muchos aspectos, podríamos lograrlo. Pero en Latinoamérica es difícil que ocurra.

Hay mucho más de fondo. El *roaming* les deja a los operadores ingresos considerables. En la práctica, es un tema técnico. La Comisión de Regulación de Comunicaciones estableció, por ejemplo, que por defecto el *roaming* no esté activado. Quien lo requiera lo debe activar antes de viajar.

ESTRATEGIA DE EXPERTOS

¿En qué consiste la estrategia de expertos dirigida a universidades?

Aunque tiene que ver con la capacitación de la que hemos hablado, nosotros lo orientamos a promover que las personas estudien y trabajen en tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) porque hay un déficit de más de 90.000 personas en las áreas de informática y telecomunicaciones.

Estamos llegando a estudiantes de tercer o cuarto semestre para contarles de qué se trata, animarlos a participar y mostrarles que esto no es solamente técnico, hay mucho de economía y política.

O sea, que no sólo estamos hablando de ingenieros electrónicos...

No, esto se está haciendo con economistas, abogados, algunos del área de la salud. No son únicamente estudiantes de posgrado, este semestre también lo vamos a trabajar con los de pregrado, e igualmente a los estudiantes de décimo y undécimo les presentamos el panorama.

Cuál es el perfil del profesional que trabaja en la ANE. Por ejemplo, usted es ingeniero electrónico...

Sí, con maestría y experiencia de 18 años en espectro. No hay mucha gente en el país con este perfil. Para el cargo de director se requiere una trayectoria en el área de tres años. En las otras dependencias hay diversidad de posibilidades. Hemos atraído muy buena gente. La gran mayoría son jóvenes con tres o cinco años de haberse graduado, si bien hay entre recién graduados y doctorados. El perfil es amplio, así que pesan más el interés y las ganas de querer trabajar aquí.

Tenemos un grupo especializado en radiopropagación de señales, que requiere conocimientos específicos, entonces está integrado por ingenieros electrónicos o de telecomunicaciones. Hay un equipo dedicado a la gestión y planeación del espectro, conformado por ingenieros electrónicos, industriales y de sistemas. Otro es de carácter económico, compuesto por ingenieros o economistas especializados en finanzas. Hay abogados de contratación o para sustanciar pruebas, e ingenieros de campo encargados de labores de monitoreo, que están en relación con la comunidad.

Por último, qué implicaciones tiene el cambio de los sistemas de cuarta y quinta generación en Colombia.

Hay que aclarar que faltan cuatro años para que la cuarta generación esté funcionando completamente en todo el país, por lo que es un poco prematuro pensar en quinta generación, que es mucha más velocidad. Estamos hablando de quinta generación porque hay que prepararse, eso no es de un día para otro. Para que funcione, tenemos planes de aquí al 2026. Es probable que otros países traten de copiar los modelos nuestros porque aunque se demore cuatro o cinco años en llegar, debemos empezar a preparar el camino con autopista y ésta es el espectro.



Foto cortesía del MinTIC.



JUAN MANUEL WILCHES DURÁN

Director de la Comisión de Regulación de Comunicaciones

Primero que todo, ¿cuál es el balance de la CRC en los últimos tiempos?

En los dos últimos años hemos profundizado en lo que tiene que ver con usuarios, por ejemplo en las teorías recientes que hablan de la economía del comportamiento, en la que también el Foro Económico Mundial y la OCDE se han interesado, y que consiste en mostrar que cuando los seres humanos toman decisiones de compra no son racionales, como el pensamiento económico tradicional lo ha considerado, sino que se basan en otros criterios, quizás personales. Lo que estamos haciendo es integrar esas teorías en el análisis y en varios proyectos. Algo para destacar es la implementación de los contratos simplificados en telefonía móvil, que empezaron a regir en junio de este año. Pasaron de tener siete u ocho hojas con letra pequeña e inentendible a una sola hoja que contiene la información básica para que el usuario entienda. Es nuestra labor como reguladores: simplificar la manera en que el usuario se relaciona con el operador.

También lo estamos haciendo para servicios fijos y estamos trabajando en el régimen de protección de usuarios, en el que integramos las teorías que mencionaba, y que esperamos expedir a fin de año. Queremos que las reglas de interacción entre usuarios y operadores sean muy simples.

En la agenda regulatoria 2015 ustedes han determinado cuatro ejes. ¿Cuáles son las acciones más relevantes en cada uno de ellos?

En cuanto al bienestar de los usuarios, lo principal es la modificación del régimen de protección, que es el proyecto más grande de este año. En calidad de servicios estamos haciendo una revisión integral. Hemos tomado una decisión en servicio de voz móvil con ajustes para

establecer cómo se mide y se controla la calidad y verificar qué está pasando con los usuarios. Nos vamos a concentrar mucho en los servicios de datos en internet, tanto fijo como móvil. El año pasado hicimos 37.000 encuestas en todo el país para evaluar cómo percibe el usuario la calidad del servicio.

Nos hemos dado cuenta de hechos interesantes. Por ejemplo, los usuarios tienen una opinión general negativa del servicio móvil, pero cuando califican puntos específicos, la apreciación es mejor. Posiblemente los temas de calidad de servicio son un asunto de percepción, no tanto de comportamiento de la red. Por eso estamos haciendo la medición en la red, porque queremos obtener resultados en campo.

Cómo es la relación con los operadores. ¿Hay concertación para determinar los cambios?

La entidad es autónoma para tomar decisiones. De todos modos, cualquier proceso regulatorio incluye una fase de discusión con el sector, en la que participan los operadores. El año pasado hicimos un ejercicio valioso en calidad de voz móvil que consistió en llevar a los operadores a las mesas de trabajo e invitarlos a analizar los argumentos que respaldaban su solicitud de modificación. En algunos casos se dieron cuenta de que sus razones no estaban basadas en información, por lo que decidieron reevaluar su petición. La idea es continuar con esta práctica porque aunque ellos no van a intervenir en la decisión que tomemos, sí podemos lograr que los procesos de discusión con la industria sean mucho más activos y participativos.

En materia de competitividad y desarrollo e innovación, ¿cuáles son los planes?

Competitividad agrupa todos los temas de mercado. En ese campo estamos haciendo dos revisiones principales este año. Una es la del mercado de datos tanto fijos como móviles, que desde hace algún tiempo no se ha analizado y ha registrado cambios, como por ejemplo que la gente utiliza más los datos que la voz.

La otra revisión se relaciona con el mercado de audiovisuales, que no se refiere sólo a la televisión porque existen más formas de proveer contenidos a los usuarios. Estoy hablando de mercado de datos y de servicios audiovisuales que hoy forman parte de paquetes. Desde hace algún tiempo venimos trabajando en un proyecto que consiste en identificar, sobre todo en los

mercados fijos, qué impacto tiene el empaquetamiento de servicios dentro del comportamiento de mercados.

¿Y en desarrollo e innovación?

Ahí estamos trabajando en tres áreas principales. La primera es la de gobernanza de internet. Hay un grupo de discusión que realizó un trabajo de estrategia en gobernanza el año pasado; la presentamos en El Salvador y obtuvimos el reconocimiento internacional como mejor política de participación de múltiples agentes interesados.

Lo que queremos es fortalecer ese proceso de discusión de los temas de gobernanza de internet, que son de actualidad mundial, con los que Colombia está comprometida y vinculada.

En estrecha relación con este aspecto está el área de la neutralidad de la red, muy discutido hoy en día no sólo en Colombia sino en el mundo.

La tercera área es la de economía digital, que abarca todo lo que tiene que ver con TIC, no sólo el sector sino la manera en que impactan la economía de un país, su influencia en agricultura, en salud, en justicia. Ya lo está haciendo el Mintic con sus políticas, pero uno de los elementos claros es medir cómo se hace, y es en lo que estamos trabajando en la CRC.

A propósito de la OCDE, en cuanto a “Consolidar una regulación TIC de clase mundial para el ingreso de Colombia a la organización”, que es una estrategia del plan Vive Digital estrechamente relacionada con la CRC, ¿cuáles son las acciones específicas de la entidad a su cargo en materia de ciberseguridad, *roaming* internacional, acceso a banda ancha, protección de la privacidad y los datos personales, aspectos esenciales en el día a día de los usuarios?

El exministro Molano le pidió a la CRC que fuera una especie de coordinador de la interacción con la OCDE para el sector de las TIC. Hemos trabajado muy de la mano con el ministerio y otras entidades para revisar lo que se está discutiendo y llevar a cabo el proceso de ingreso. Precisamente en dos semanas tenemos una reunión en París para sustentar lo que nos están pidiendo. En general, vemos que el país está muy bien en los instrumentos y las recomendaciones de la organización para el sector TIC. Estamos alineados con sus políticas en materia de *roaming*.

En cuanto a la banda ancha, que corresponde a la política nacional pero la CRC tiene a cargo un componente importante, queremos que haya cada vez mayor velocidad y en eso estamos trabajando. Otro aspecto relevante es el de la política de internet, que se centra en la existencia de una serie de reglas y principios que hacen que internet funcione de manera adecuada. Obviamente no es exclusivo de la CRC, pero sabemos que se ha hecho la tarea de avanzar en las discusiones.

OPERADORES VS. USUARIOS

Pasando a otro tema de interés, sobre todo para el ciudadano en general, existe una percepción de que al eliminar la cláusula de permanencia el principal beneficiario fue el operador y no el usuario. ¿Será que había muchas expectativas con respecto a esa norma? Porque se esperaba una reducción en los precios de los equipos y, por el contrario, se dispararon.

Próximamente vamos a publicar un reporte acerca del efecto que ha tenido en el mercado la eliminación de la cláusula de permanencia. Le anticipo algo: en cierta manera, en los medios se ha vendido el mensaje de que subió el precio de los celulares. No ha sido así, incluso hemos visto algunas reducciones leves por referencias. Lo que pasaba era que los colombianos no sabían cuánto costaba un aparato porque el operador le vendía al usuario un iPhone en 500.000 pesos y el equipo costaba más. Esto se debía a que el operador le daba unos subsidios que hacían ver el precio de los aparatos mucho menor.

Entonces el usuario ahora sí sabe cuánto le cuesta y puede escoger un equipo que se acomode a sus necesidades sin estar amarrado uno o dos años a una cláusula, pagando un plan más alto. Así que los resultados de la aplicación de esa medida en el segundo semestre del 2014 son positivos, de acuerdo con los objetivos previstos.

Hay más oferta en el mercado, tanto de celulares como de planes tarifarios, lo cual ha hecho que aumenten los canales de distribución y opciones para comprar no sólo con los operadores. Los colombianos pueden comprar aparatos más baratos, incluso desde cien dólares, con todas las capacidades de última generación.

Otro aspecto que tiene que ver con la percepción de los ciudadanos es la compensación en minutos. ¿No debería ser de carácter económico o implicar la mejora de la infraestructura? Porque si alguien tiene mil minutos y le compensan cinco no le solucionan el problema, que es poder comunicarse. Desde enero del 2015 está funcionando una compensación individual, es decir, que los operadores tienen que medir para cada uno de sus usuarios cuántas llamadas se caen y compensar los minutos.

Pensando en una persona con un plan prepago, que le compensen cinco minutos es bastante. En el caso de los pospago, el operador no tiene problema porque la persona tiene minutos de sobra. Entonces no es que no esté funcionando. Precisamente en el último reporte, de marzo de este año, se indicaba que se habían compensado 1480 millones de minutos desde enero del 2014. Es una cantidad significativa.

Ahora, hemos visto en general que la cantidad de minutos compensados mes tras mes se está reduciendo, posiblemente como resultado de mejoras en la calidad de la red. En la encuesta a la que me referí antes, encontramos que los usuarios sí están viendo progresos leves en la calidad del servicio.

Según el reporte estratégico de la OCDE, los reguladores, entre ellos la CRC, deben desarrollar indicadores. ¿Cuál es la situación de Colombia en esta materia?

Debemos hacer mejoras, de acuerdo con los lineamientos de la OCDE. Precisamente desde el año pasado iniciamos una revisión integral de todos los formatos de integración que les estamos pidiendo a los operadores:

información de suscriptores, tarifas, tráfico, ingresos, infraestructura. La idea es fortalecer el reporte de información para tener estadísticas robustas que podamos ir acumulando en el tiempo.

Creo que en los siguientes meses publicaremos una propuesta de modificación de los formatos de información. La labor está enfocada en depurar lo que se tiene, corregirlo y establecer una manera de obtener información certera del comportamiento del mercado.

Para finalizar, en cuanto al reglamento técnico de redes internas, ¿qué beneficios implica la puesta en marcha de estas normas?

Entrará en vigencia el 16 de julio de este año. Lo que pretende este reglamento es generar unas condiciones mínimas para la construcción de redes de telecomunicaciones dentro de las edificaciones. Se promulgó por varias razones, entre otras porque lo exigía el plan de desarrollo del 2014 y estaba enfocado en promover la competencia en los mercados fijos. Todavía existen edificaciones en las que hay restricciones para que algunos operadores entren a prestar sus servicios, porque se hacían acuerdos de exclusividad entre constructores y operadores. Esa fue una decisión que se tomó en el 2013 y que entraba a regir en enero del 2014. Hubo un periodo de discusión bastante detallado con el Ministerio de Vivienda, Camacol y otros agentes interesados. La última modificación que hicimos depuró muchas cosas para que se beneficiaran las viviendas de interés social, que tuvieran redes de telecomunicaciones a disposición, tratando de minimizar los costos asociados con el despliegue de infraestructura.



Foto cortesía del MinTIC.

REVISTA ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA

Alcance y política

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

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

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

También admite artículos de las siguientes tipologías:

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

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

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

Requisitos para la publicación de artículos

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

Scope and policy

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

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

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

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

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

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

Ruling for publication

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



Entregando lo mejor de los **colombianos**

Línea de atención al Cliente Nacional: **01 8000 111 210**
Línea de atención al Cliente Bogotá: **(57-1) 4199299**

www.472.com.co