

# Caracterización óptica de Diodos emisores de Luz mediante su espectros de emisión y patrones de radiación

## Optical characterization of light emitting diodes by emission spectra and radiation patterns

Miguel Andrés Rengifo Morocho, Carlos Vargas Hernández

Laboratorio de Propiedades Ópticas de Materiales (POM), Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, Manizales Colombia

cvargash@unal.edu.co

**Resumen**— Se obtuvieron los espectros de emisión y patrones de radiación de LED's de distintos colores. Los espectros de emisión fueron obtenidos utilizando un montaje óptico que permitía descomponer la radiación visible en sus diferentes longitudes de onda. Con un sensor de luz ubicado a la salida del sistema óptico se obtuvieron las lecturas de intensidad respectivas. El montaje fue calibrado con las tres líneas más prominentes del espectro de la lámpara de mercurio correspondientes a los valores de 404.7, 546.1, 578 nm y además con un láser de He-Ne de longitud de onda de 633nm. Los patrones de radiación se obtuvieron con un goniómetro simple y un sensor de luz.

**Palabras clave**— Espectros de emisión, LED's, patrones de radiación.

**Abstract**—We obtained the emission spectra and radiation patterns of different colored LEDs. The emission spectra were obtained using an optical system allowing obtaining the radiation at different wavelengths. With a light sensor located off the lens system were obtained respective intensity readings. The system was calibrated with the three lines most prominent of the spectrum of mercury lamp corresponding to the values of 404.7, 546.1, 578 nm and also with a He-Ne laser wavelength of 633nm. The radiation patterns were obtained with a single goniometer and a light sensor.

**Key Word** —Emission spectra, LEDs, Radiation patterns.

### I. INTRODUCCIÓN

Los LED's (Diodos Emisores de Luz) son dispositivos emisores de luz del tipo optoelectrónico, coherente basados en tecnología de semiconductores (junturas PN), que emiten en diferentes longitudes de onda o colores dependiendo exclusivamente del tipo de material semiconductor utilizado. Usualmente un LED es una fuente de luz compuesta con diferentes partes, razón por la cual el patrón de intensidad de la luz emitida puede ser bastante

complejo [1]. El estudio de los diodos emisores de luz ha sido de mucha importancia a través de la historia debido especialmente a sus aplicaciones [2]: Mandos a distancia de equipos electrónicos (diodos infrarrojos, IRED) como el control remoto de televisores, equipos de sonido etc.; como indicadores lumínicos del estado de un equipo (ON/OFF); alumbrado de pantallas de cristal liquido, teléfonos, calculadoras, agendas electrónicas e incluso existen impresoras LED. Estas aplicaciones y sus ventajas en relación a costos y duración, hacen a los diodos emisores de luz dispositivos de gran interés tanto para la ciencia como para la tecnología. Es de vital importancia para el ingeniero conocer la curva de emisión y el patrón de radiación cuando realiza el estudio y diseño de sistemas y circuitos optoelectrónicos para uso en comunicación o control. La metodología es de relativa fácil implementación, con elementos y dispositivos de uso comercial. Los LEDs utilizados fueron adquiridos en los almacenes de distribución y son de uso comercial.

### II. MÉTODO EXPERIMENTAL

Se utilizó un montaje simple en el cual el elemento principal fue una rejilla de difracción de 2400 líneas/mm, la cual permite obtener los espectros de emisión. Todos los elementos utilizados y la distribución de este se muestra en la fig. 1. El único elemento movable era la rejilla de difracción. Este movimiento se realizaba mediante un motor paso a paso. También se diseñó y se puso a punto un goniómetro simple que tenía una resolución de 1 grado. El montaje fue calibrado usando las líneas más prominentes de emisión de una lámpara de mercurio a alta presión correspondientes a las longitudes de onda de 404.7, 546.1 y 578 nm, además se empleó como línea de referencia auxiliar la línea 633nm de un láser de He-Ne. Mediante el goniómetro se obtuvo la calibración angular del sistema de posicionamiento para cada longitud de onda.

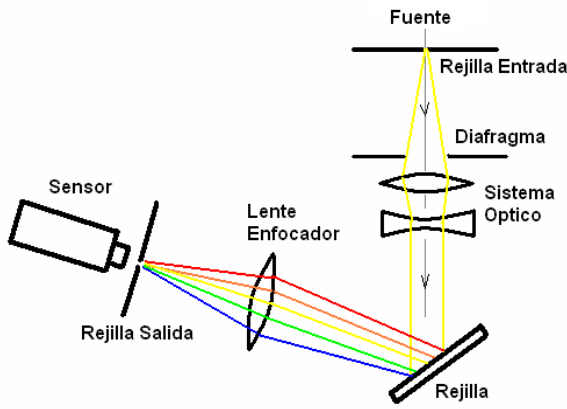


Figura 1. Montaje elaborado para la obtención de los espectros de emisión.

El sistema para las medidas de los patrones de radiación con su respectiva distribución se ilustra en la figura 2. En cada una de las posiciones se tomaron microfografías y se procesaron en función del ángulo de posicionamiento, con respecto al eje definido por los LED's, con el objetivo de estudiar la forma del flujo luminoso.

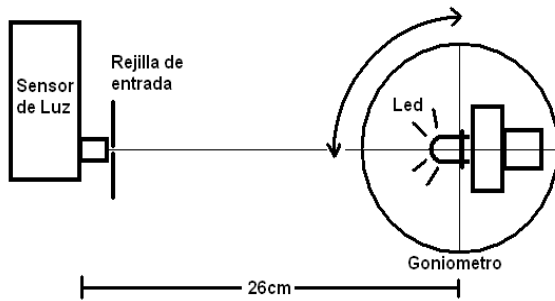


Figura 2. Montaje elaborado para la obtención de los patrones de radiación.

### III. CÁLCULOS Y RESULTADOS

Con la ecuación básica de dispersión de una red de difracción [3], se tiene:

$$\lambda = \frac{d}{n} [\text{Sen}(AE) + \text{Sen}(r)] \quad (1)$$

$$\lambda = \frac{d}{n} [\text{Sen}(AE) + \text{Sen}(AE - \theta)] \quad (2)$$

Y con los respectivos puntos de referencia se traza una curva de extrapolación, para obtener los valores de longitud de onda correspondientes a cada valor de ángulo. Los espectros de emisión obtenidos para los diferentes diodos comerciales se muestran en las figuras 3 y 4. De allí se puede observar que el LED blanco, es aquel que posee un rango de emisión de longitudes de onda más amplio (que es en realidad lo esperado) y el LED naranja es el que posee el más corto (el más coherente). Los LED's blanco y fucsia, se caracterizan por dos picos de emisión que corresponden al color azul y verde para el primero y azul y

amarillo para el segundo [4-9]. Los LED's amarillo, naranja, azul y verde poseen solamente un pico de emisión.

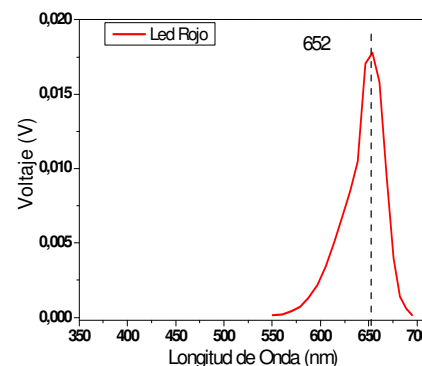
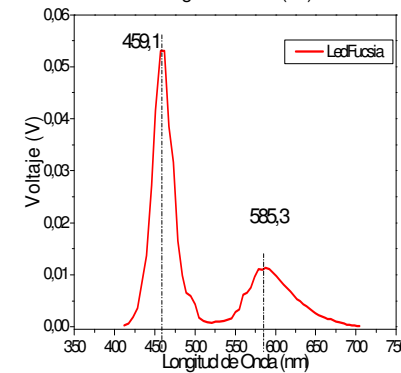
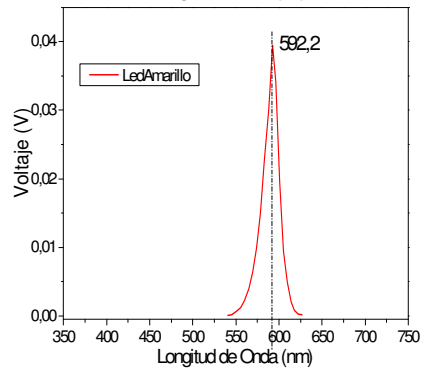
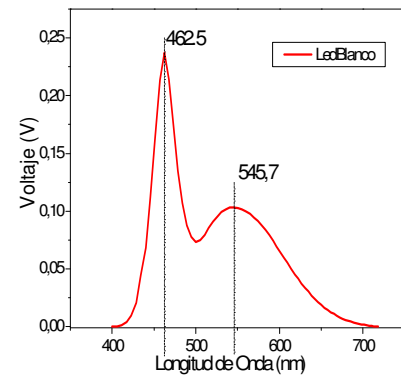


Figura 3. Espectros de emisión de diodos comerciales de color blanco, amarillo, fucsia y rojo.

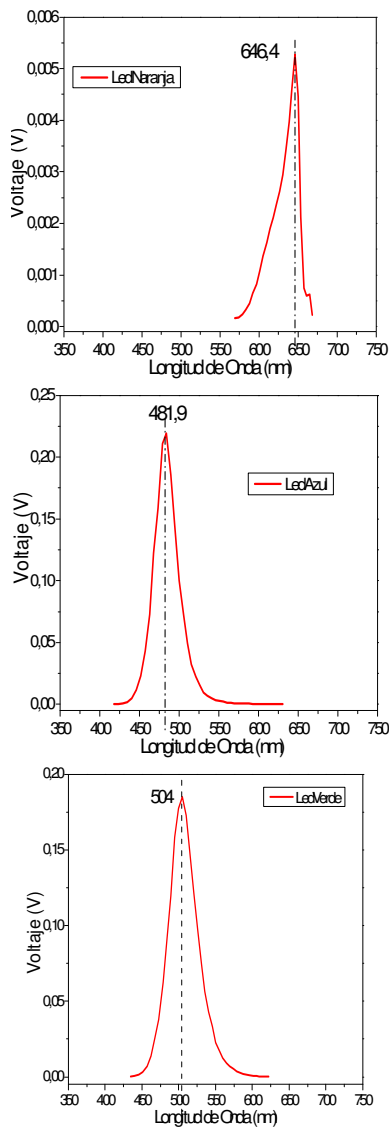


Figura 4. Espectros de emisión de diodos comerciales de color naranja, azul y verde.

En las figuras 5 y 6, se pueden observar los espectros de posicionamiento de cada uno de los LED's, con sus respectivas fotografías tomadas de forma sucesiva.

Los LED's blanco y verde, poseen un pico de intensidad máxima para el ángulo de emisión  $\theta = 0^\circ$ , tal como se esperaba, su rango de emisión está aproximadamente en  $30^\circ$  y  $36^\circ$  respectivamente. En las fotografías, se puede apreciar la mayor intensidad sobre el centro de las mismas, el blanco un poco menos que el verde y este último con un rango de emisión más amplio. Los LED's fucsia y rojo, presentan un pico de intensidad máxima para los ángulos de  $5^\circ$  y  $4^\circ$ , lo cual evidencia un leve desvío con el ideal y sus rangos de emisión están en  $34^\circ$  y  $24^\circ$  aproximadamente. De las fotografías, se deduce que la emisión es mucho más homogénea en el primero que en el segundo.

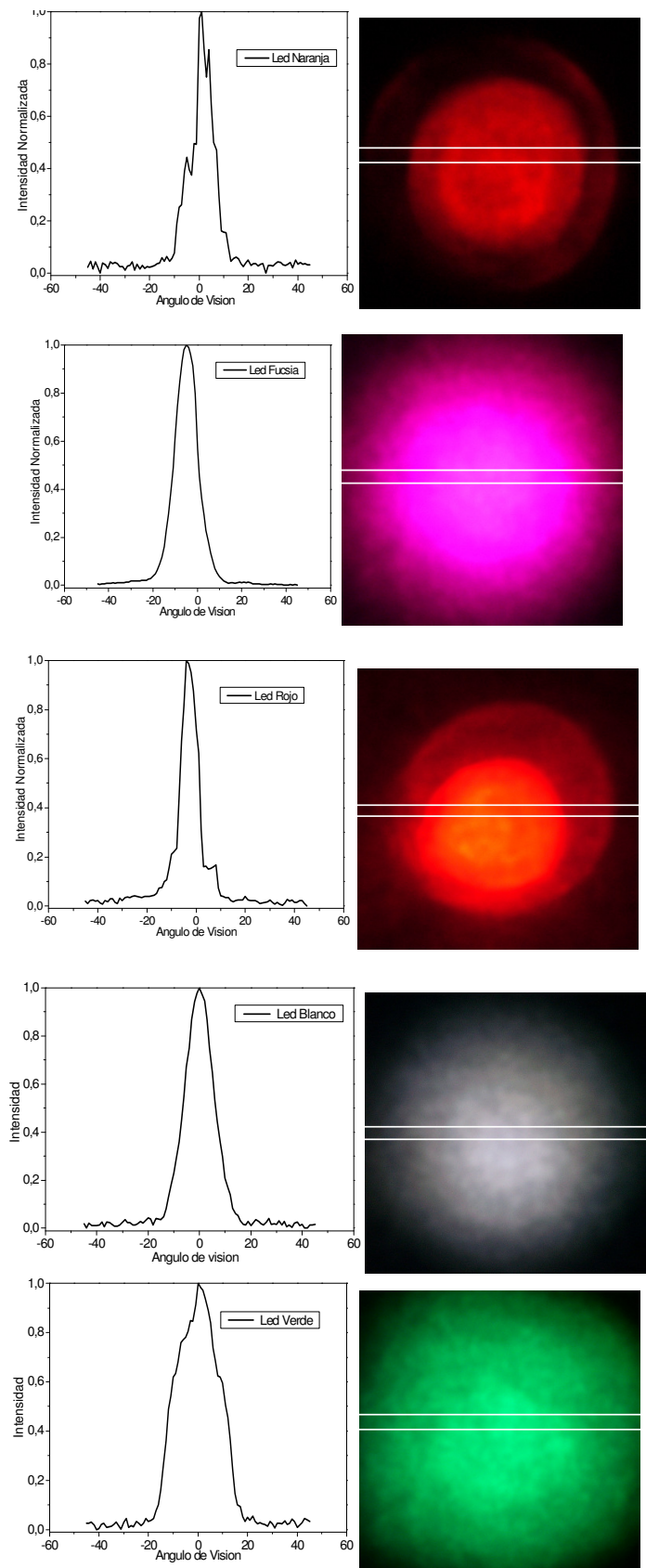


Figura 5. Espectro de posicionamiento de diodo comercial con su fotografía de color naranja, fucsia, rojo, blanco y verde.

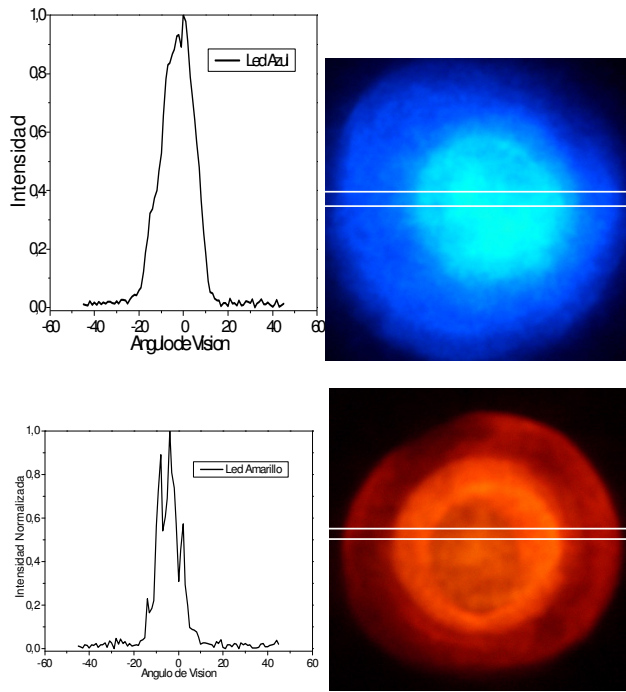


Figura 6. Espectros de posicionamiento de diodos comerciales con sus respectivas fotografías de color azul y amarillo.

Los LED's azul y naranja presenta dos picos de intensidad máxima, para los picos  $-2.5^\circ$ ,  $0^\circ$  para el primero y  $1^\circ$  y  $4^\circ$  para el segundo, con una amplitud en su rango de emisión de aproximadamente de  $30^\circ$  y  $25^\circ$  respectivamente. Las fotografías muestran el corrimiento del ángulo ideal para el primero, sin embargo con una emisión mucho más homogénea, con un rango más amplio y una intensidad mayor que para el segundo. El LED amarillo, presenta cuatro picos de intensidad máxima para ángulos de  $-14^\circ$ ,  $-8^\circ$ ,  $-4^\circ$  y  $2^\circ$  y una amplitud en su rango de emisión de aproximadamente  $25^\circ$  y según lo observado en su fotografía con un espectro de emisión mucho más difuso que para el resto de los LED's. El ancho de emisión se puede explicar suponiendo que las cápsulas que contiene la heteroestructura activa de emisión son parecidas y por lo tanto la dispersión de la luz es proporcional a la cuarta potencia de la longitud de onda [4, 8].

En las figuras 7 y 8, se observan los patrones de radiación obtenidos para cada uno de los LED's.

Como era de esperarse, según lo discutido anteriormente los patrones de radiación más cercanos a la explicación fenomenológica son los del LED's fucsia y blanco, mostrando un leve desfase de su máxima intensidad de emisión para los LED's azul, verde y rojo; y un patrón de radiación muy alejado del ideal para los LED's naranja y amarillo.

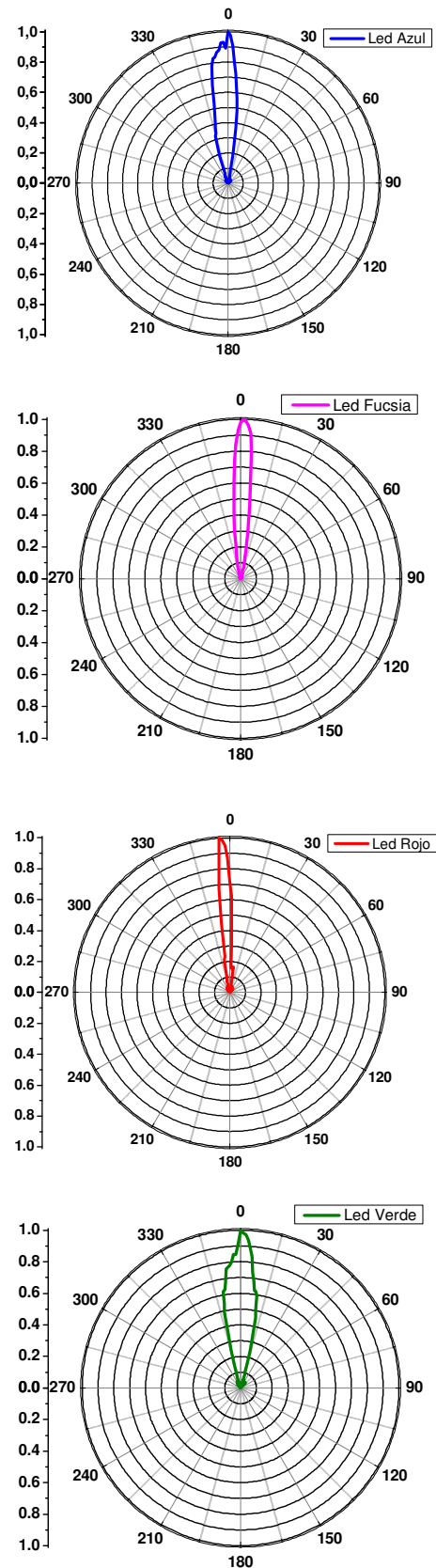


Figura 7. Patrones de radiación de diodos comerciales de color azul, fucsia, rojo y verde.

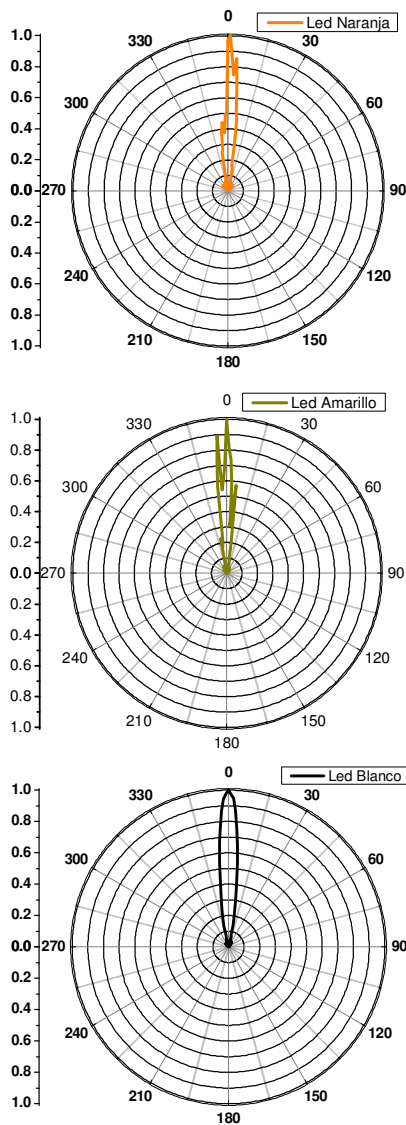


Figura 8. Patrones de radiación de diodos comerciales de de color naranja, amarillo y blanco.

De los diagramas de emisión espectral se elaboró la siguiente tabla comparativa:

LED	Longitud de onda Central reportada [8]. (nm)	Longitud de onda Central obtenida. (nm)
Azul	472	482
Verde	530	504
Amarillo	591	592
Rojo	624	652
Blanco	450	462
	560	546

Tabla 1. Comparación de las longitudes de ondas reportadas en la literatura con las obtenidas en este trabajo para diodos comerciales.

LED	Margen de error
Azul	2.1 %
Verde	4.9 %
Amarillo	0.2 %
Rojo	4.5 %
Blanco	2.7 %
	2.5 %

Tabla 2. Margen de error, entre las longitudes de onda centradas obtenidas y reportadas para diodos comerciales.

#### IV. CONCLUSIONES

El margen de error pueden ser atribuidos a los defectos propios de los LED's en el proceso de manufactura. Estos defectos no son característicos de un color en particular de LED, si no que podría decirse que son aleatorios. Los patrones de radiación nos dan un claro ejemplo de este problema y podría atribuirse al control de la geometría interna del dispositivo en el momento de la elaboración de este. Para los efectos prácticos que por lo general son utilizados este tipo de LED's, estos defectos pueden ser pasados por alto, pero para aplicaciones más elaboradas, podemos decir que no son recomendables. El ancho de dispersión de los LEDs en estudio se explican en función de la dispersión de la luz, donde la dispersión es proporcional a la cuarta potencia de la longitud de onda.

#### REFERENCIAS

- [1] Nichia Unveils White LED with 150 lm/W Luminous Efficiency, Tech-On, December 21 2006. Consultado el 17-04-2008.
- [2] J. D. Chatelain Dispositivos de Semiconductores., Editorial Limusa. 1987.
- [3] E. Hecht, A. Zajac Óptica., Fondo Educativo Interamericano. 1977.
- [4] D. R. Agaphonov, V. S. Ivanov, V. I. Sapritsky and R. I. Stolyarevskaya. Light measurements of high-luminance LEDs. Metrologia, 2000, 37, 587-590.
- [5] <http://www.oksolar.com/>. Technical LED's LED Color Chart.
- [6] M. Prelovsek, G. Bizjak U.D.I.E. Variations of light characteristics of white LEDs.
- [7] [www.lightemittingdiodes.org](http://www.lightemittingdiodes.org)
- [8] Solid-State Lighting Catalog. 800-421-6815. [datadisplay.com](http://datadisplay.com).
- [9] Round led's. Typical Electrical-Optical Characteristics . [www.cree.com](http://www.cree.com).