

- Espine-Guadalupe, J., Robles-Amaya, J., Ramírez- Calixto, C., & Ramírez-Anormaliza, R. (2006). Aprendizaje Basado en la Investigación: caso UNEMI. *Revista Ciencia UNEMI*, 49-57.
- Filgueiras, M., Vilagarut, M., & Castro, M. (2017). *Análisis de los mecanismos de interacción Universidad–Empresa en el sector eléctrico cubano*. La Habana, Cuba: Revista de Ingeniería Energética.
- Giménez, R., & Verdecia, E. (2021). *Educación en Cuba : criterios y experiencias desde las ciencias sociales*. La Habana, Cuba: Publicaciones Acuario, Centro Félix Varela.
- Hernández, J. (2015). *Evaluación de efectos/impactos de un proyecto de investigación*. Salvador: Universidad Dr Andrés Bello.
- León, L., & Rodríguez, C. (2020). *Influencia de la ciencia y la tecnología en la formación integral del ingeniero Civil desde el currículo base*. Matanzas: Red Iberoamericana de Pedagogía.
- Ministerio de Justicia. (2018). *Resolución No. 2*. La Habana (Cuba): Gaceta Oficial de la República de Cuba.
- Ministerio de la Construcción. (2020). *Informe sobre cemento*. La Habana: Ministerio de la Construcción.
- Moreno, J., & Marcaccio, A. (2014). Perfiles profesionales y valores relativos al trabajo. *Ciencias Pedagógicas*, 10.
- Sanjuán, M., Carmen Andrade, Mora, P., & Zaragoza, A. (2020). Carbon Dioxide Uptake by Cement-Based Materials: A Spanish Case Study. *Applied Sciences*, 2-16.
- Vásquez, O., Carmona-Saldarriaga, L., & Tobón, J. (2020). Cement production with pozzolans from residual tropical soils formed from paragneiss with a high silicon oxide content. *Revista DYNA*, 70-74.

REDES DE TORRES DE TELECOMUNICACIONES COMO SALIDA A LA ESTRATEGIA CURRICULAR MEDIO AMBIENTE EN LA ASIGNATURA ESTRUCTURAS METÁLICAS

M. Sc. Juan Carlos Verdecia Somoano¹,

<https://orcid.org/0000-0002-2547-3854>, juan.verdecia@umcc.cu

Coautor: M. Sc. Javier Alejandro García Miranda²,

<https://orcid.org/0000-0002-6582-767x>, javier.garcia@umcc.cu

Universidad de Matanzas, Matanzas. Cuba

Resumen

En los nuevos planes de estudios en la educación superior en Cuba se enfatiza en profundizar en aspectos relativos al medio ambiente y desarrollo sostenible. En la carrera Ingeniería Civil desde el primer año se incluyen estos aspectos en los diferentes colectivos de disciplinas. Por su parte, la asignatura Estructuras Metálicas, impartida en cuarto año de la carrera, está abordada principalmente por temas de diseño estructural, lo que hace necesario que se le dé salida a la estrategia medio ambiente mediante la evaluación del impacto de las estructuras de acero en el medio ambiente. Una de las estructuras de mayor impacto son las torres de comunicación. El presente trabajo tiene como objetivo analizar el impacto ambiental que genera el despliegue de redes de torres para la sociedad y así crear las bases para incorporar estos contenidos a la estrategia curricular medio ambiente en la asignatura Estructuras Metálicas de la carrera de

Ingeniería Civil en la Universidad de Matanzas. Se analizaron las principales investigaciones dirigidas a la evaluación de torres. Estas estructuras deben concebirse teniendo en cuenta un distanciamiento para que las radiofrecuencias emitidas no alcancen límites críticos siendo uno de los principales aspectos que preocupan a la comunidad internacional.

Palabras clave: ciencia, estrategia, impacto, torres.

In the new curricula in advanced education in Cuba, emphasis is placed on deepening aspects related to the environment and sustainable development. In the Civil Engineering career from the first year these aspects are included in the different groups of disciplines. For its part, the Steel Structures course, taught in the fourth year of the degree, is addressed mainly by structural design issues, which makes it necessary to give an outlet to the environmental strategy by evaluating the impact of steel structures in the environment. One of the structures with the greatest impact are lattice towers. The present work aims to analyze the environmental impact generated by the deployment of tower networks for society and thus create the bases to incorporate these contents into the environmental curricular strategy in the Steel Structures subject of the Civil Engineering career at the University of Matanzas. The main investigations directed to the evaluation of towers were analyzed. These structures must be conceived taking into account a distance so that the radio frequencies emitted do not reach critical limits, being one of the main aspects of concern to the international community.

Keywords: science, strategy, impact, towers.

Introducción

El Ingeniero Civil tiene como campo y escenario de trabajo, el proyecto de obras civiles: estructurales y de vías de comunicación terrestres, la conservación de obras civiles, la producción de materiales y tecnologías de construcción y la investigación aplicada, científica e innovación tecnológica. Toda la actividad de este profesional debe realizarla evitando acarrear daños al medio ambiente o minimizando el impacto de estos. Para ello se requiere que las disciplinas se impartan con un enfoque ambiental, de acuerdo con la política del país, respecto al manejo y protección del medio ambiente. Se debe trabajar para lograr un cambio de actitud de los estudiantes hacia el medio ambiente y la protección de los minerales y materiales que se extraen directamente de la naturaleza para la fabricación de productos y materiales de construcción, así como para lograr una mayor eficiencia energética en la fabricación de estos que reduzca la emanación de gases contaminantes y con efecto invernadero al medio ambiente.

Además, mediante la creación de nuevos valores profesionales, se deben transmitir a los estudiantes, la posibilidad que tienen de colaborar en las evaluaciones de impacto ambiental, de los peligros y riesgos naturales y en el mejor uso de los recursos naturales. Es muy necesario que el egresado de esta carrera incorpore modos de actuación profesional que garantice la protección del planeta Tierra. Para asegurar el ejercicio de la Ingeniería Civil consciente y sostenible en el presente Plan de Estudios E se instrumenta la Estrategia Curricular Ambiental.

Cuando se trata de impacto de las estructuras al medio ambiente, las torres de telecomunicaciones de acero tienen un considerable papel, pues estas estructuras tienen un crecimiento desproporcionado debido al auge de las comunicaciones de los últimos años. La asignatura encargada de tratar las estructuras de esta índole en el plan de estudio E es Estructuras Metálicas. La asignatura cuenta con un total de 6 temas, y en ninguno se aborda el impacto que pudieran tener estas estructuras en el medio ambiente. Con el objetivo de estimular en el proceso de enseñanza la disminución de los índices de consumo de acero y desarrollar la creatividad en la búsqueda e implementación de las soluciones a los problemas de la profesión que incluyan

estructuras de acero que disminuyan el impacto en el medio ambiente, se propone en el trabajo un grupo de contenidos que deben integrarse en la asignatura Estructuras Metálicas para darle salida a la estrategia curricular medio ambiente y desarrollo sostenible.

Para analizar el impacto de las torres es necesario primeramente conocer el surgimiento y desarrollo de las torres de telecomunicación.

El ritmo de la tecnología, la economía y el cambio social se ha acelerado, y las empresas y las comunidades luchan por mantenerse al día velocidad. El rápido progreso de la tecnología, de la información y las comunicaciones (TIC) en los últimos años ha traído sobre una explosión sin precedentes de datos digitales y el surgimiento y crecimiento del ciberespacio. La globalización ha expandido diversas actividades económicas y sociales más allá de las fronteras nacionales, y también ha ido cambiando el proceso de creación de nuevas ideas para la innovación. Según Fukuda (2020) a finales de la década de 1990, cuando se aceleró el rápido desarrollo de las TIC, incluidos los teléfonos móviles e Internet, la globalización de la economía mundial y la innovación se vuelven más importante para el crecimiento económico.

Durante las últimas dos décadas, el sector de las telecomunicaciones en muchos países se ha expandido rápidamente. El rápido crecimiento de los servicios de telecomunicaciones puede explicarse por varios factores, como los avances en la tecnología de las telecomunicaciones, la liberalización del mercado y la privatización. La producción de la economía mundial también ha crecido a un ritmo más rápido durante el período. En particular, muchos países en desarrollo y economías en transición han experimentado un rápido crecimiento (Lam y Shiu, 2010).

La creciente popularidad de la telefonía inalámbrica crea un nuevo conjunto de desafíos a nivel internacional, ya que la necesidad de las correspondientes instalaciones inalámbricas se produce en proporción directa a este crecimiento. En particular, la afluencia de nuevos proveedores de telecomunicaciones inalámbricas plantea desafíos importantes para los países, a medida que llevan a cabo sus funciones tradicionales de zonificación y uso de la tierra, el diseño y construcción de torres de celosía para ser empleadas como bases de transmisión de radiofrecuencias para la telefonía celular constituye uno de estos desafíos.

Las torres autosoportadas de acero son estructuras relativamente jóvenes. Su desarrollo solo fue posible después de la Revolución Industrial, momento en que fue posible producir el acero en cantidades industriales. Según Tsiptsis et al. (2019) el mayor auge de estas estructuras ocurre a partir del siglo XX con la expansión de la electrificación, el surgimiento de las grandes centrales generadoras de energía y el desarrollo explosivo de las telecomunicaciones. Actualmente en nuestro país existe un auge acelerado de las telecomunicaciones y la informatización de la sociedad, por tanto, la necesidad de su diseño y construcción se ha duplicado (Figura 1).

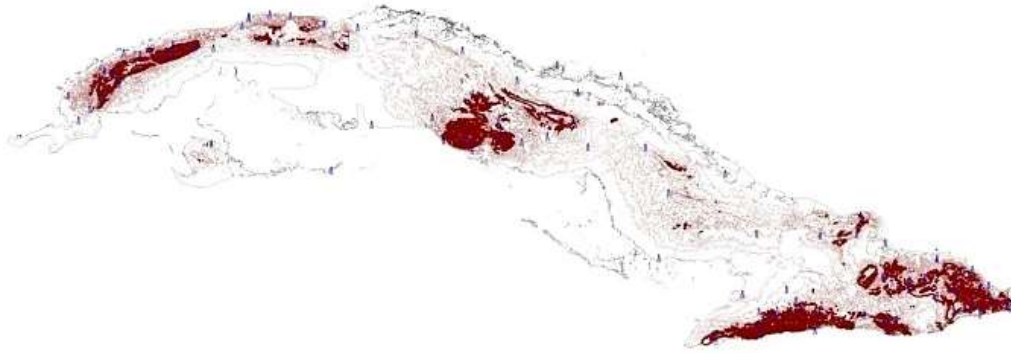


Figura 1 Mapa con la ubicación de las principales radio bases en Cuba(Martín, 2012)

El principal uso de las torres auto soportadas en Cuba es que son portadoras de antenas de emisión, aunque también se encuentra como soportes de líneas de alta tensión, y se extienden por todo el sistema eléctrico nacional. En cualquiera de estos casos se trata de estructuras esbeltas, flexibles y de bajo amortiguamiento, siendo vulnerable a las acciones de vientos huracanados, vientos que pueden provocar el colapso de la estructura debido a fallas en sus elementos de soporte (Figura 2). Debido al alto precio de los materiales, representan del 30 al 40% del costo de una línea de transmisión de comunicación y al fuerte impacto que provoca en la sociedad su colapso, los efectos sociales para la sociedad del colapso de una torre de telecomunicaciones son similares a los que produciría un puente o estructura similar por tanto es necesario lograr un equilibrio entre resistencia y costo(Sony y Airin, 2016).



Figura 2 Fallo de torres de telecomunicaciones con presencia de antenas (Martín, 2012)

Cada proyecto de torres implica una serie de características y circunstancias propias, la mayoría de las acciones en la construcción de nuevas infraestructuras, en este caso torres de telecomunicaciones, generan una serie de problemas comunes o impactos al medio ambiente, a la sociedad y a las urbanizaciones. La legislación cubana sobre medio ambiente vigente establece, entre las acciones ambientales para un desarrollo sostenible, que los requerimientos de la protección del medio ambiente deben ser introducidos en todos los programas, proyectos y planes de desarrollo según plantea el CITMA (1997).

Para el análisis preliminar sobre el impacto ambiental, social y urbanístico del despliegue de una red celular deben tenerse en cuenta todos los aspectos que en la práctica provocan cambios ecológicos. La legislación sobre la evaluación de impacto ambiental plantea que tienen que ser protegidos los seres humanos, animales, plantas, suelos, aguas superficiales y subterráneas, aire y clima, paisaje y el patrimonio histórico. El presente trabajo tiene como objetivo analizar a través de una revisión bibliográfica internacional, el impacto social y ambiental que trae consigo el despliegue de torres de bases de señales televisivas y celular, que puede servir como contenidos

en la asignatura Estructuras Metálicas de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad de Matanzas para dar salida al uso de la estrategia medio ambiente.

Desarrollo

Se ha reconocido ampliamente que el avance de la tecnología de las telecomunicaciones es una de las fuerzas impulsoras de la globalización y el rápido crecimiento de la economía mundial. Los avances en los satélites, la fibra óptica, la tecnología móvil, Internet y la World Wide Web han mejorado enormemente las comunicaciones globales y han facilitado el intercambio de información entre diferentes personas en el mundo. Las innovaciones tecnológicas en telecomunicaciones han reducido los costos de las comunicaciones y han facilitado la globalización de la producción y los mercados.

El despliegue o ampliación de una red celular ofrece varios beneficios tanto para los operadores como para los clientes. Aunque cada proyecto implica una serie de características y circunstancias propias, la mayoría de las acciones en la construcción de nuevas infraestructuras, en este caso torres de telecomunicaciones, generan una serie de problemas comunes o impactos al medio ambiente, a la sociedad y a las urbanizaciones.

Uno de los principales impactos ambientales que introduce el despliegue de las redes de torres de transmisión de señal de telefonía celular es la contaminación electromagnética. Los campos de alta frecuencia procedentes de antenas de radio, radares, repetidores de radio o televisión ubicados en las torres pueden ser peligrosos para la salud humana si rebasan ciertos límites. Los efectos por exposición a las emisiones electromagnéticas han sido objeto de numerosos estudios durante los últimos años.

Existe una gran y creciente evidencia de que la exposición humana a la radiación de radiofrecuencias (RFR) de las estaciones base de telefonía celular, donde causa efectos negativos para la salud (Singh et al., 2018), incluyendo tanto molestias neuropsiquiátricas como dolor de cabeza, dificultades de concentración, cambios de memoria, mareos, temblores, síntomas depresivos, fatiga y alteraciones del sueño (Abdel-Rassoul et al., 2007), además de que existe una mayor incidencia de enfermedades como el cáncer por vivir en las cercanías de estaciones emisoras de telefonía celular (Havas, 2016; Saliev et al., 2019).

El mecanismo para causar cáncer podría deberse al daño genético observado utilizando el ensayo de electroforesis en gel unicelular evaluado en leucocitos de sangre periférica de individuos que residen en las cercanías de una estación base de telefonía móvil. En estudios epidemiológicos que evaluaron los efectos negativos para la salud de las estaciones base de telefonía móvil, siete estudios exploraron la asociación entre la proximidad de la estación base y los efectos neuroconductuales (Abdel-Rassoul et al., 2007; Berg-Beckhoff et al., 2009; Blettner et al., 2009; Bortkiewicz et al., 2012; Hutter et al., 2006; Navarro et al., 2003; Santini et al., 2002) y tres estudios que evidenciaron padecimientos de cáncer (Havas, 2016; Levitt y Lai, 2010; Wolf y Wolf, 2004).

Hay varios estudios que muestran que el efecto se intensifica con la reducción de la distancia a la torre celular. Santini et al. (2002) encontró un aumento de síntomas y quejas cuanto más cerca vivía una persona de una torre y se encontraron resultados similares en estudios posteriores (Hutter et al., 2006; Navarro et al., 2003).

Las ubicaciones actuales de las torres de telefonía celular se eligen en función de una prioridad de "anillo de búsqueda" según el óptimo geográfico para la cobertura técnica de una alta concentración de transmisiones inalámbricas (por ejemplo, usuarios). Esta combinación de parámetros técnicos (por ejemplo, geografía) para permitir la cobertura y servicios y costos

confiables (por ejemplo, posicionamiento en las cimas de las montañas de manera accesible en helicóptero) se compara con las regulaciones locales como la zonificación local.

Pearce (2020) plantea que para superar estos desafíos en áreas urbanas, las empresas de telefonía celular a menudo ubican estaciones de base de telefonía celular en las escuelas, porque la tarifa de alquiler mensual es un ingreso bienvenido para los distritos escolares con problemas económicos que tienen influencia en la zonificación local. Sin embargo, algunas jurisdicciones ya han prohibido la colocación de torres de telefonía celular cerca de escuelas u hospitales debido a la mayor sensibilidad de estas poblaciones, como en India. Otras regiones como Europa, según Roda y Perry (2014) podrían seguir un enfoque similar. Ahora, incluso en América del Norte, el Comité Permanente de Salud de Canadá está considerando enfoques más preventivos para la RFR.

Un artículo de revisión de los efectos en la salud cerca de las estaciones base concluyó que el despliegue de las estaciones base debe mantenerse lo más eficiente posible para minimizar la exposición del público a la RFR y no debe ubicarse a menos de 500 m de la población y a una altura de 50 metros (Levitt y Lai, 2010). Esto presenta potencialmente un serio desafío para los ingenieros de RF de las empresas de telefonía celular. Sin embargo, es posible obtener la necesaria cobertura mientras que al mismo tiempo minimiza la exposición humana a las intensidades más altas. Hay varios primeros pasos que una compañía de telefonía celular puede tomar para minimizar la exposición humana, particularmente de las poblaciones más vulnerables. En primer lugar, se pueden imponer restricciones voluntarias a la ubicación de estaciones base de telefonía celular a menos de 500 m de escuelas y hospitales. Esto sincronizará las estrategias de implementación de la estación base entre regiones. Esto se puede hacer utilizando la estructura de mapa de planificación hexagonal existente de un área con una superposición utilizando un proceso semiautomático adicional con un sistema de información geográfica (GIS) (Al-Sahly et al., 2018) como el Sistema de Apoyo al Análisis de Recursos Geográficos (GRASS) para identificar cualquier región dentro de los 500 m de las escuelas y hospitales existentes.

Otro impacto ambiental que se produce durante el despliegue de las redes celulares es el ruido. En la fase de construcción de los sitios, determinadas acciones como excavaciones mediante medios mecanizados o simplemente debido al trasiego de maquinarias para el transporte de materiales, son una fuente importante de emisión de ruido. En este caso, es fundamental una correcta planificación de estos trabajos, procedimientos u otras acciones para disminuir este efecto. También puede recurrirse al apantallamiento de la zona de las obras.

La construcción de nuevas torres para la instalación de las antenas de las estaciones bases provoca un impacto significativo en la población de aves migratorias, especialmente en algunas especies de aves migratorias nocturnas. Se estima que las torres de telecomunicaciones matan de 4 a 5 millones de aves al año (Mortazavi, 2020). Por este motivo, debe evitarse la ubicación de los nuevos emplazamientos de torres sobre los corredores de las aves migratorias, sobre todo en los hábitats y rutas migratorias de especies en peligro de extinción. Tampoco deben estar ubicadas dentro o cerca de los humedales ni otras áreas de concentración conocida de las aves, por ejemplo, los refugios naturales, las zonas de parada y las colonias. Las torres no se deben situar en zonas con una alta incidencia de niebla y techos bajos.

Antes de construir una nueva torre, un operador de servicios de telecomunicaciones debe analizar la posibilidad de colocar los equipos de comunicaciones en una torre existente u otra estructura, por ejemplo, vallas publicitarias o torres de agua. Dependiendo de los factores de carga de la torre, de 6 a 10 operadores pueden colocar sus antenas en una torre existente. Los operadores

deben considerar el impacto acumulativo de todas las antenas ya que la energía total radiada se incrementa. En caso de que no sea factible la ubicación conjunta y sea necesario construir la nueva torre, se debe tratar de utilizar técnicas de construcción que no requieran cables de retención, como las torres autoportadas.

Con el fin de reducir el número de torres en el futuro, los proveedores deben ser alentados para diseñar estructural y eléctricamente nuevas torres que den cabida al menos a dos usuarios adicionales. En cuanto a consumo energético, una variante que se utiliza en las estaciones bases con el fin de reducir el impacto medioambiental es el sistema de enfriamiento natural. Este sistema está basado en la adaptación de los sistemas de climatización convencionales de las estaciones base. De este modo, como plantea Navarrina et al. (2006) se consigue una reducción del consumo de energía eléctrica por disminución del tiempo de funcionamiento del aire acondicionado obteniéndose un ahorro de hasta un 25% de la energía que se consume, al tiempo que se reduce el número de averías de los equipos de climatización y aumenta su vida útil, y la consiguiente disminución de las emisiones de CO.

La telefonía móvil ha sido desde siempre una tecnología intensiva en consumo de energía y costosa en términos de inversión y mantenimiento. Sin embargo, acorde con la tendencia mundial de incrementar la eficiencia energética y disminuir el impacto ambiental de la industria, el uso de energía solar parece ser una alternativa prometedora. Algunas compañías se están concentrando en ofrecer servicios con tecnologías inalámbricas limpias.

El impacto paisajístico de las antenas constituye uno de los aspectos más importantes por el contraste de formas introducidas. La magnitud del impacto depende de la mayor o menor absorción paisajista del medio receptor y de las medidas preventivas o tratamientos correctores adoptados en el diseño y la construcción. Los operadores de telefonía móvil son conscientes desde hace tiempo de la importancia del impacto visual de sus instalaciones y de la necesidad de la integración de éstas en el entorno.

La mimetización de las antenas, siempre y cuando el desarrollo de la red, el estado del arte de la tecnología y los correspondientes permisos administrativos así lo permitan, responde al compromiso de actualizar de manera progresiva las redes de telefonía móvil para adecuarlas a la realidad tecnológica más reciente, con el objetivo de reducir el impacto visual e integrarlas de manera más efectiva en su entorno manteniendo, al mismo tiempo, los niveles de cobertura y calidad. Las estaciones de radiocomunicaciones deben ser compatibles con el entorno e integrarse arquitectónicamente de forma adecuada.

Conclusiones

En Cuba las torres de telecomunicación se encuentran dispersas en todo el territorio nacional. El despliegue de torres autoportadas tiene una influencia directa en la sociedad y el medio ambiente. El ingeniero civil en su actuar debe conocer las implicaciones ambientales que trae consigo el diseño de dichas torres, para ello es necesario que a lo largo de la carrera adquiera estos conocimientos a través de la estrategia curricular Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Para tratar el tema del diseño de torres de telecomunicación correctamente y darle salida a la estrategia a través de la asignatura Estructuras Metálicas, se deben analizar varios factores. El primer factor es la ubicación, las torres por su ubicación se encuentran en zonas muchas veces pobladas y deben integrarse arquitectónicamente de forma adecuada al entorno sobre todo en zonas patrimoniales para no desentonar el paisaje urbano. Las torres de telecomunicación por sus características generan contaminación electromagnéticas, por tanto, la eficiencia de su diseño es necesaria para mantener al mínimo las emisiones generadas por estas. El diseño de torres debe

estar orientado a reducir la cantidad de torres necesarias y cumplir con las distancias normadas que influyen en la ubicación de las mismas para evitar cercanías innecesarias en urbanizaciones que puedan desencadenar exposición directa del público a la RFR.

Referencias bibliográficas

- Abdel-Rassoul, G., El-Fateh, O. A., Salem, M. A., Michael, A., Farahat, F., El-Batanouny, M., and Salem, E. (2007). Neurobehavioral effects among inhabitants around mobile phone base stations. *NeuroToxicology*, 28(2), 434-440. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.neuro.2006.07.012>
- Al-Sahly, A., Hassan, M. M., Al-Rubaian, M., and Al-Qurishi, M. (2018, 4-6 April 2018). Using GIS for Measuring Mobile Tower Radiation on Human. 2018 1st International Conference on Computer Applications & Information Security (ICCAIS), <https://doi.org/10.1109/CAIS.2018.8441997>
- Berg-Beckhoff, G., Blettner, M., Kowall, B., Breckenkamp, J., Schlehofer, B., Schmiedel, S., Bornkessel, C., Reis, U., Potthoff, P., and Schüz, J. (2009). Mobile phone base stations and adverse health effects: phase 2 of a cross-sectional study with measured radio frequency electromagnetic fields. *Occup Environ Med*, 66(2), 124-130. <https://doi.org/10.1136/oem.2008.039834>
- Blettner, M., Schlehofer, B., Breckenkamp, J., Kowall, B., Schmiedel, S., Reis, U., Potthoff, P., Schüz, J., and Berg-Beckhoff, G. (2009). Mobile phone base stations and adverse health effects: phase 1 of a population-based, cross-sectional study in Germany. *Occup Environ Med*, 66(2), 118-123. <https://doi.org/10.1136/oem.2007.037721>
- Bortkiewicz, A., Gadzicka, E., Szyjowska, A., Politański, P., Mamrot, P., Szymczak, W., and Zmysłony, M. (2012). Subjective complaints of people living near mobile phone base stations in Poland. *Int J Occup Med Environ Health*, 25(1), 31-40. <https://doi.org/10.2478/s13382-012-0007-9>
- CITMA. (1997) Ley 81 del Medio Ambiente. Gaceta Oficial de la República De Cuba.
- Fukuda, K. (2020). Science, technology and innovation ecosystem transformation toward society 5.0. *International Journal of Production Economics*, 220, 107460. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.07.033>
- Havas, M. (2016). When theory and observation collide: Can non-ionizing radiation cause cancer? *Environmental Pollution*, 221, 1278. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.10.018>
- Hutter, H. P., Moshammer, H., Wallner, P., and Kundi, M. (2006). Subjective symptoms, sleeping problems, and cognitive performance in subjects living near mobile phone base stations. *Occupational and Environmental Medicine*, 63(5), 307. <https://doi.org/10.1136/oem.2005.020784>
- Lam, P.-L., and Shiu, A. (2010). Economic growth, telecommunications development and productivity growth of the telecommunications sector: Evidence around the world. *Telecommunications Policy*, 34(4), 185-199. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.telpol.2009.12.001>
- Levitt, B., and Lai, H. (2010). Biological effects from exposure to electromagnetic radiation emitted by cell tower base stations and other antenna arrays. *Environmental Reviews*, 18, 369-395. <https://doi.org/10.1139/a10-903>
- Martín, P. (2012). *Evaluación de la vulnerabilidad estructural de torres autosoportadas de telecomunicaciones bajo cargas de viento y sismo* Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría].

- Mortazavi, A. (2020). Large-scale structural optimization using a fuzzy reinforced swarm intelligence algorithm. *Advances in Engineering Software*, 142, 102790. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2020.102790>
- Navarrina, F., Valera, A., París, J., Colominas, I., and Casteleiro, M. (2006). *Diseño óptimo de torres de alta tensión: Tratamiento conjunto de variables continuas y discretas 7º Simposio Internacional de Estructuras, Geotecnia y Materiales de Construcción, Cuba.*
- Navarro, E. A., Segura, J., Portolés, M., and Gómez-Perretta de Mateo, C. (2003). The Microwave Syndrome: A Preliminary Study in Spain. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 22(2-3), 161-169. <https://doi.org/10.1081/JBC-120024625>
- Pearce, J. M. (2020). Limiting liability with positioning to minimize negative health effects of cellular phone towers. *Environmental Research*, 181, 108845. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108845>
- Roda, C., and Perry, S. (2014). Mobile phone infrastructure regulation in Europe: Scientific challenges and human rights protection. *Environmental Science & Policy*, 37, 204-214. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envsci.2013.09.009>
- Saliev, T., Begimbetova, D., Masoud, A.-R., and Matkarimov, B. (2019). Biological effects of non-ionizing electromagnetic fields: Two sides of a coin. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 141, 25-36. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2018.07.009>
- Santini, R., Santini, P., Danze, J. M., Le Ruz, P., and Seigne, M. (2002). Enquête sur la santé de riverains de stations relais de téléphonie mobile : I/Incidences de la distance et du sexe. *Pathologie Biologie*, 50(6), 369-373. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0369-8114\(02\)00311-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0369-8114(02)00311-5)
- Singh, R., Nath, R., Mathur, A. K., and Sharma, R. S. (2018). Effect of radiofrequency radiation on reproductive health. *The Indian journal of medical research*, 148(Suppl 1), S92.
- Sony, S. R., and Airin, M. (2016). Optimization of Transmission Tower using Genetic Algorithm. *International Journal of Science and Research (IJSR)* 5(9).
- Tsiptsis, I. N., Liimatainen, L., Kotnik, T., and Niiranen, J. (2019). Structural optimization employing isogeometric tools in Particle Swarm Optimizer. *Journal of Building Engineering*, 24, 100761. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.100761>
- Wolf, R., and Wolf, D. (2004). Increased incidence of cancer near a cell-phone transmitter station. *Int J Canc Prev*, 1(2), 123-128.

IMPACTO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO EN LOS DOCENTES EN ARAS DEL PROCESO DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE ACTUAL

Ing. Annarelys Salas Navarro,

<https://orcid.org/0000-0003-1429-6239>, annarelys.salas@umcc.cu

Coautores: Est. Christian Luis Planes Toledo,

christian.ptoledo@est.umcc.cu

Ing. Reynaldo Giráldez Toledo, <https://orcid.org/0000-0001-5091-9240>,

reynaldo.giraldez@umcc.cu

Universidad de, Matanzas, Cuba.

Resumen

La era actual ha conllevado a cambios en nuestras costumbres, modo de pensar y actuar. La vigente pandemia nos mostró cómo aprovechar y fortalecer nuestro talento para el desarrollo y el