

Ciencia, Gestión e Ingeniería en el **Desarrollo Aeroespacial**



Ciencia, Gestión e Ingeniería en el Desarrollo Aeroespacial



Comando Grupo Académico
Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez"
2019

Ciencia, Gestión e Ingeniería en el Desarrollo Aeroespacial

Programas Académicos:

Administración Aeronáutica
Ciencias Militares Aeronáuticas
Ingeniería Informática
Ingeniería Mecánica



Comando Grupo Académico
Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez"
2019

Ciencia, Gestión e Ingeniería en el Desarrollo Aeroespacial

Fuerza Aérea Colombiana
Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez"
Santiago de Cali -14 de Noviembre de 2019

ISBN: 978-958-56950-7-8

Comité Organizador:

Mayor. Henry Fabian Quintero Oviedo
Jefe del Programa de Ingeniería Mecánica
Capitán. Álvaro Rafael Martínez Mancera
Jefe del Programa de Ingeniería Informática
Capitán. Carlos Fernando Nariño Gabanzo
Jefe del Programa de Ciencias Militares Aeronáuticas
Teniente. Luis Alfonso Durango Quintero
Jefe del Programa de Administración Aeronáutica
Teniente. Andrea Carolina Gómez Ruge
Jefe de la Sección Investigación

Docentes y Coordinadoras de los Programas Académicos

Laboratorista del programa de Ingeniería mecánica

Gestora de Publicación Científicas y Administrativa

Contenido

GESTIÓN DE LAS ORGANIZACIONES AERONÁUTICAS	9
Gestión de las Organizaciones Aeronáuticas Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” 2019	11
<i>Luis Fernando Escobar N.</i>	
La importancia de la Vigilancia Tecnológica en la vida universitaria. Las Antenas Tecnológicas y territoriales	15
<i>Marcela Adriana Ricosta</i>	
Las Teorías de la Organización y la gestión: de un paradigma a otro	29
<i>Álvaro Zapata Domínguez</i>	
INDUSTRIA 4.0	47
Cohetes tipo sonda con fines científicos, tecnológicos y militares: una oportunidad para su desarrollo en la EMAVI-FAC	49
<i>Rafael Andrés Robayo-Salazar</i>	
¿Como Blockchain y la convergencia en las tecnologías 4RI configuran la sociedad y la economía?	73
<i>Jhonny Gómez Restrepo & Jair Abadía Correa</i>	
Concepción diseño y construcción de un avión tipo Light Sport Aviation	79
<i>Alejandro Alberto Caldas</i>	
Técnicas Clásicas y Modernas de Machine learning para Clasificación de Neuroseñales utilizando Google Colaboratory	85
<i>Carlos Diego Ferrin, Humberto Loaiza, Jean Pierre Diaz, Paulo Andrés Vélez</i>	
Sistema de grabación de datos y video del avión Super -Tucano. Historia de un desarrollo	97
<i>Fabio Ernesto Sandoval Alegría</i>	
Cibernéticas evolutivas implicaciones en la transformación de la Industria 4.0	103
<i>Juan Pablo Giraldo Rendón</i>	

Gestión de las Organizaciones Aeronáuticas

Gestión de las Organizaciones Aeronáuticas

Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez" 2019

OD18. Luis Fernando Escobar Nieto

El sector aeronáutico es un sector estratégico para la economía global, toda vez que de él se generan más de 450 mil millones de dólares e infinidad de empleos altamente calificados, así como actividades que van estrechamente ligadas a la innovación y desarrollo de nuevas tecnologías; esto, sumado a las oportunidades generadas en el diseño y la fabricación de partes y sistemas especializados y complejos para aeronaves, y la participación en servicios derivados, le imprimen un alto valor a la cadena productiva. (Dirección General de Industrias Pesadas y Nuevas Tecnologías, 2012)

Los países asiáticos, principalmente China, con la renovación de sus flotas de aviones generan una expectativa muy favorable para el sector, tanto para demanda de aviones grandes como medianos. Y el crecimiento de empresas *low cost* en el mundo, y la creciente necesidad de aeronaves que esto significa, han impulsado un fuerte crecimiento en el sector. (Dirección General de Industrias Pesadas y Nuevas Tecnologías, 2012)

El sector aeronáutico fue considerado estratégico para la recuperación de la crisis mundial presentada a partir del 2009 y es considerado como un dinamizador de la economía de los países, no solo por el gran número de empleos que genera, sino por estar ampliamente ligado al desarrollo socioeconómico, esto, debido a que es un factor clave para la seguridad y defensa nacionales; al ser generador de riqueza y alto valor añadido, impulsa el comercio y la cooperación internacional; estimula la actividad i+D+i y tiene un alto impacto en difusión en otros sectores económicos. (Comunidad de Madrid, 2019)

Obviamente, la industria no escapó a la crisis, presentándose una reducción en el número de pedidos de aviones nuevos, pero, el rezago en las entregas pendientes, en parte debido al amplio margen entre pedidos y entregas observado en años previos, mantuvo dinámico el sector y a partir del 2010 ya se pudo observar una recuperación. (Dirección General de Industrias Pesadas y Nuevas Tecnologías, 2012)

Para referirse a la industria aeronáutica en Colombia se hace necesario antes, hacer un recorrido por tres grandes referentes del sector, y que han estado estrechamente vinculados con este desarrollo en el país. La red aeronáutica de la comunidad de Madrid, la asociación de industrias aeroespaciales de Brasil (AIAB) y FEMIA, la federación mexicana de la industria aeroespacial.

Fruto de un amplio esfuerzo científico y tecnológico en investigación, innovación y desarrollo, la comunidad de Madrid se ha logrado posicionar como líder en la industria aeroespacial en Europa. Representa el 60% de la facturación española aeroespacial y si solo se refiere al espacio, esta facturación asciende al 80%. Esto, no solo supone una inagotable fuente científica y tecnológica que termina revertiendo a la sociedad, sino que supone importantes oportunidades de negocio y emprendimiento ya que en la región se concentra una significativa cantidad de instituciones internacionales y supranacionales que la hacen agradable para los inversores. (Comunidad de Madrid, 2019)

El laboratorio de cuatro vientos es considerado la piedra angular del desarrollo de la aeronáutica española, en él se han probado desde prototipos

de dirigibles, hasta inventos revolucionarios para la época como el autogiro de Juan de la Cierva. Contribuyendo de esta manera, desde principios del siglo XX, con el impulso de la industria, hasta el punto de que hoy por hoy, empresas como Construcciones Aeronáuticas S.A. CASA, fundada en 1923 y que constituye un ejemplo de este crecimiento, han sido adjudicatarias del mantenimiento de los cazas F100 de la USAF destacados en Europa, la fabricación de 70 aviones F5 bajo licencia de *Northrop* y la fabricación de aviones propios como el CASA 212 Aviocar y el CN 235, hasta la especialización en fabricación de componentes en materiales compuestos y el vuelo del Eurofigther 2000 construido por CASA. (Comunidad de Madrid, 2019)

Para que la comunidad de Madrid llegara a representar el 3,3% del negocio aeroespacial europeo y 1% del mundial, facturando 3.209 millones de euros en 2006 y generando más de 17. 290 empleos directos, lo que equivale el 60% del sector en España, se necesitó de un esfuerzo mancomunado, donde la atención de la administración nacional y regional fue fundamental. Con planes para la innovación tecnológica y en específico para el sector aeroespacial, que significaron inversiones de más de 200 millones de euros, se ofrecieron facilidades para la implantación en suelo tecnológico de empresas del sector, recurso financieros para la creación de nuevas empresas o expansión de negocios maduros, financiación para proyectos i+D, apoyo para diversificación del mercado y un marco estable para la colaboración entre grupos de investigación multidisciplinarios y las empresas. (Comunidad de Madrid, 2019)

El caso de Brasil es muy particular porque Colombia empezó primero con la industria aeronáutica, pero las condiciones políticas y económicas del país no permitieron que esos esfuerzos tuvieran eco; restricciones en materia de certificaciones, en infraestructura y una falta de articulación entre gobierno, industria y academia,

no permitieron llegar a concretar el desarrollo aeronáutico en Colombia. (Vallejo, 2019)

Pero Brasil, específicamente EMBRAER, conocido coloquialmente como la estatal que funcionó, pasó de ser un ambicioso proyecto del centro tecnológico aeroespacial CTA, a ser líder en el mercado de construcción de aviones para el mercado de vuelos regionales e incursionar en el de la aviación de larga distancia y tiene como objetivo convertirse en una empresa transnacional capaz de competir de igual a igual con los gigantes del sector a nivel mundial. (Perégo, 2010)

La Empresa Brasileira de Aeronáutica EMBRAER, nació a finales de la década del 60 y desde sus orígenes contó con el apoyo de gobierno de Brasil, bien sea a través de incentivos fiscales, políticas gubernamentales de compra y formación de talento humano de alto nivel o fomento de la investigación y desarrollo. (Perégo, 2010)

Poco a poco, se consolidó como una empresa capaz de producir un avión integralmente y exportarlo al mercado de Estados Unidos, el *Bandeirante*. En un esfuerzo, que algunos autores tildan de sin precedentes, el gobierno de Brasil, involucró el capital privado en el proyecto para hacerlo sostenible en el tiempo; hasta que en 1994 se privatizó, creó el Ministerio de Aeronáutica y adoptó políticas públicas de apoyo como la compra por parte de la Fuerza Aérea Brasileira, aumento de participación de valor agregado en las exportaciones y aumento de importaciones de bienes de capital, aumento de entidades financieras e instrumentos de financiamiento, retoma de la inversión extranjera dirigida a la industria, instauración de medidas fiscales y crediticias directas, postergó las ventas de competencias internacionales mediante barreras tarifarias y creó el Sistema Integrado de Transporte Aéreo Regional; donde dividía al país en cinco regiones que serían navegadas por empresas creadas para ese fin. (Perégo, 2010)

De esta manera, la industria aeronáutica brasileira, cuenta hoy día con uno de los cuatro fabricantes de aviones comerciales más grande



del mundo, cumple un enorme papel estratégico tanto en la economía como en la industria del país, siendo socio de los gigantes aeroespaciales del planeta, es el mayor exportador de Brasil; más de 1.000 millones de dólares en 1999 y es el principal empleador con 8000 empleos directos. (Revista Dinero, 2019)

La historia en México no es muy diferente, a partir de la premisa, "la mejor forma de predecir el futuro es construirlo", el crecimiento de la industria aeroespacial mexicana ha sido el fruto de un esfuerzo combinado entre gobierno, industria y academia. De este modo, se construyó una visión sobre el futuro del sector que involucró múltiples acciones para desarrollar y promover su competitividad. (ProMexico, 2104)

Se requiere de la participación constante de los involucrados en un proceso continuo de adecuación de la industria, para identificar nichos de oportunidad e identificar los factores emergentes que pudieran tener efecto en el mercado aeroespacial global y local. Además del decidido apoyo estatal para, brindar acceso preferencial a importaciones de insumos, partes, maquinaria, etc. exentos de aranceles a las empresas involucradas en el sector; en 2006 el gobierno mexicano permite la importación, libre de impuestos, de mercancías para la fabricación o ensamble de aeronaves y que cuenten con la certificación de producción.; de esta manera, incentiva a las empresas a lograr las certificaciones necesarias. (Dirección General de Industrias Pesadas y Nuevas Tecnologías, 2012) Un marco jurídico que de la garantía de la propiedad intelectual. El fortalecimiento de la investigación y desarrollo; México cuenta con más de 100.000 egresados de las carreras de ingeniería al año. Y un plan conjunto con objetivos definidos que son el fundamento de acciones concretas dirigidas al impulso del sector. (ProMexico, 2104)

Hoy día México se ha consolidado como líder global del mercado aeroespacial. Ha registrado un crecimiento anual de 17.2% por los últimos nueve años, cuenta con mas de 200 empresas certificadas NADCAP y AS9100, genera más

de 30.000 empleos directos y proyecta que para 2021 se presenten exportaciones por 12.267 millones de dólares y un crecimiento anual del 14%. (ProMexico, 2104)

En el caso colombiano por su parte, la historia es bien distinta, los esfuerzos que iniciaron en la década del 60, con la empresa Aviones de Colombia S.A. logró un pico en 1978 cuando; bajo licencia de Cessna, se produjeron 98 aviones. Para luego diluirse en el tiempo y finalmente en 1997 declarar la quiebra.

Por su parte, Aeroindustrias Leaver, otra empresa nacional, corría la misma suerte, no sin antes intentar por todos los medios imaginables de producir un avión 100% colombiano. En 1994 diseñó el Gavilán, y en 1998 logró el certificado tipo de la *Federal Aviation Administration*, antes; y por ilógico que parezca, que fuera certificado en el país. (Revista Dinero, 2019)

Mientras en Brasil en la década del 40 ya se contaba con un Ministerio de Aeronáutica, el Centro Técnico Aeronáutico, el Instituto de Entrenamiento Aeronáutico y el Instituto de Pesquisas de Desenvolvimento, habían adquirido la capacidad de formar ingenieros aeronáuticos e impulsaban la investigación y desarrollo. Colombia por su parte, contaba con una incipiente agencia aeronáutica incapaz de generar políticas aéreas verdaderas, debido a su falta de autonomía, pero con una inmensa burocracia y funciones netamente policivas. (Revista Dinero, 2019)

Finalmente, los valientes esfuerzos del sector privado por impulsar la industria aeroespacial colombiana se diluyeron en el tiempo y la burocracia, no sin antes dejar enseñanzas y retos para el futuro. A manera de conclusión y tomando el ejemplo de estos tres procesos, se puede afirmar que Colombia debe:

Valorar el concepto de poder aéreo de una manera diferente a la meramente militar y entender el valor estratégico que tiene hacer aviación, esto incluye capacidad de generar investigación, tecnología,



conocimiento, etc. Se debe incluir la aviación dentro de las prioridades del estado, con instituciones y mecanismos comprometidos con el desarrollo de la industria, capaces de generar leyes, convenios, etc. que la orienten y estimulen, fomentando la certificación de la industria manufacturera para estar en condiciones de competir. El apoyo de la academia y los centros de investigación y gestión tecnológica es fundamental por su aporte continuo de conocimiento. Y buscar el apoyo decidido de la aviación estatal, regular y general del país para el proceso; que, dicho sea de paso, debe romper paradigmas muy fuertes, legado funesto de años de narcotráfico, y separar la aviación de estas actividades.

Para vencer los paradigmas culturales de narcotráfico, se debe eliminar la corrupción de raíz e invertir en la educación de la primera infancia con el ánimo de lograr una cultura país, donde el ciudadano común y los dirigentes, entiendan que el bien general está por encima del mezquino interés personal.

Consolidar el carácter estratégico del sector a través de una estrategia país con planes concretos y objetivos claros, Colombia debe entender que los esfuerzos individuales por muy loables y valientes que parezcan, no tienen la capacidad de competir en el exigente mercado aeronáutico. Se debe aprovechar las experiencias aisladas y unir las en un esfuerzo mancomunado. (Vallejo, 2019)

Lograr el apoyo gubernamental para identificar y gestionar empresas de valor estratégico. Las importantes pero incipientes iniciativas colombianas contaron con un aproximado apoyo estatal de 1.1 millones de dólares, comparado con los aproximados 350 millones de dólares del caso brasileño. EMBRAER fue hasta 1994 una empresa 100% estatal, lo que; como ya se identificó, dinamizó la industria hasta lograr lo que es hoy día. (Revista Dinero, 2019)

Diseñar un sistema de ayudas públicas para el sector aeroespacial para mejorar la competitividad

a través de la financiación, con estabilidad a largo plazo.

Instrumentar y articular políticas que brinden estabilidad al sector aeroespacial, ya quedó claro como las políticas estatales de importaciones y exportaciones impulsaron la industria en sus respectivos países, de igual manera, alivios tributarios y políticas de compra, más del 50% de la flota de la Fuerza Aérea Brasileira es de aeronaves EMBRAER frente a los cinco aviones Gavilán que adquirió la Fuerza Aérea Colombiana. (Revista Dinero, 2019)

Promover acuerdos bilaterales entre empresas nacionales y extranjeras, así como el desarrollo de programas conjuntos con otros gobiernos. De esta manera se promueve la adquisición de conocimiento y se posiciona la industria en el mercado internacional. (Comunidad de Madrid , 2019)

Establecer una estrategia de apoyo a la investigación, desarrollo e innovación, generando sensibilización en las pymes sobre la importancia de i+D+i para la competitividad, es necesario desarrollar iniciativas investigativas agresivas en las universidades relacionadas con el sector.

Sensibilizar a los estudiantes sobre la importancia del sector aeroespacial a nivel económico y social. Vender el sector aeronáutico para contar con los perfiles profesionales adecuados para garantizar el desarrollo del sector (Comunidad de Madrid , 2019), que, contando con el apoyo estatal adecuado al generar puestos de trabajo estables y bien remunerados, necesariamente atraerán a los jóvenes. Sin mencionar el apoyo necesario en escolaridad de calidad.

De esta manera, no se garantizaría un crecimiento de la industria como el caso mexicano, pero se estarían dando los pasos en la dirección correcta, teniendo en cuenta el inmenso mercado que ofrece la industria de la aviación.



La importancia de la Vigilancia Tecnológica en la vida universitaria. Las Antenas Tecnológicas y territoriales

Esp. Lic. Marcela Adriana Ricosta
Universidad Nacional de Tres de Febrero
Correo-e: mricosta@untref.edu.ar

Abstract

El presente artículo tiene como objetivo presentar una herramienta como la vigilancia tecnológica y la inteligencia estratégica e igualmente la importancia que esta tiene para mejorar los procesos de innovación tanto en la comunidad universitaria como en las empresas del territorio. Se presentan algunas reflexiones de como en la era de la información se toman decisiones en términos de CyT sin contar con la debida información accesible, gratuita y de calidad para los que se ven en la necesidad de tomar decisiones de riesgo en términos de investigación o de mercado. Para finalizar se hace referencia al programa Vintec del ex ministerio de Ciencia, tecnología e innovación productiva de la Argentina en sus diez años de promoción y afianzamiento de la Antena Tecnológica en todo el territorio del país para capacitar y formar recursos que puedan gestionar esta herramienta tecnológica.

Palabras clave: innovación, información científico tecnológica, inteligencia estratégica, patentes, publicaciones científicas, vigilancia tecnológica.

Abstract

This article aims to present a tool such as technological surveillance and strategic intelligence and the importance it has for improving innovation processes both in the university community and in companies in the territory. Some reflections are presented on how in the information age decisions are made in terms of S&T without having adequate and accessible and free information and quality for those who are in need of making risk decisions in terms of research or market . Finally, reference is made to the Vintec program of the former Ministry of Science, Technology and Productive Innovation of Argentina in its ten years of promotion and consolidation of the Technology Antenna throughout the country to train and train resources that can manage this technological too .

Keywords: innovation, technological scientific information, patents, Scientific Publications, strategic intelligence, technological surveillance.

1. Introducción

El mundo de hoy atraviesa una de las revoluciones más profundas y vertiginosas de acceso a la información en las cuales la internet y la Big Data nos posibilitan el acceso a millones de datos en tan solo unos minutos. En este contexto es necesario encontrar herramientas que contribuyan no solo con la metodología de búsqueda, la validación y el análisis de los datos para que esa información se convierta en conocimiento sino que también contribuya con la mejora de las decisiones que se toman tanto en las universidades como en las empresas.

La vigilancia tecnológica y la inteligencia estratégica son herramientas claves en los procesos de gestión de la innovación. Contribuyen no solo con las decisiones estratégicas sobre qué temas son los prioritarios para investigar en las universidades y destinar a ellos los recursos económicos. Sino que también contribuye para que cada grupo de investigadores, desarrolladores, alumnos y directores tengan acceso a información analizada y sistematizada sobre el contexto internacional y las posibilidades de mejora en las diferentes líneas de investigación que se eligen en los ámbitos científicos tecnológicos.

Cuántas veces nuestros alumnos eligen sus temas de tesis convencidos de que son únicos en el mundo y que sus aportes revisten gran originalidad. Cuántas veces los docentes les han dado la posibilidad a sus tesis de acceder a los bancos o repositorios de publicaciones de tesis de muchos lugares del mundo donde los graduados ya publicaron esa contribución.

Estas preguntas retóricas son las que nos tenemos que hacer a la hora de planificar el proceso de graduación de nuestros jóvenes alumnos.

Por otro lado, vivimos atravesados por la saturación de información. No alcanza el tiempo para poder ver toda la información disponible que

existe en la actualidad de manera libre, gratuita con alta disponibilidad. La VT y la IE permiten saber diferenciar las cosas que sirven, que importan y que mejoran nuestros procesos de decisión.

El presente artículo presenta algunas técnicas para buscar, analizar, validar y presentar la información. Esa es la base de la herramienta de la Vigilancia Tecnológica y la Inteligencia Estratégica.

En una segunda parte el artículo presenta el caso de un Programa que lleva en Argentina diez años promoviendo la formación de recursos humanos que adquieran destreza con la herramienta para brindar servicios no solo a los miembros del sistema científico tecnológico sino también a las pequeñas y medianas empresas que necesitan incorporar información no solo de los avances y emergentes tecnológicos sino también de los mercados y los entornos donde ellos quieran llevar sus innovaciones.

El Programa Nacional de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VINTEC) no solo brinda servicios de información con tendencias tecnológicas y desarrollos para diferentes sectores productivos o científicos sino que contribuye con las políticas públicas que promuevan la ampliación de capacidades tecnológicas en diferentes ámbitos.

La Antena Tecnológica es la Plataforma de información validada por expertos a nivel mundial en la que se basa el programa que brinda acceso gratuito a muchos actores del sistema científico y empresarial y por ultimo las Antenas territoriales son pequeñas unidades territoriales que se radican en varias instituciones a lo largo de todo el país y que realizan el monitoreo de la información en distintos sectores o disciplinas en las diferentes provincias argentinas.

Finalmente concluimos con algunas recomendaciones para alumnos, docentes e investigadores en sus búsquedas de información tecnológica y científica.



2. Los primeros conceptos sobre Vigilancia Tecnológica e inteligencia estratégica. (VTeIE)

Las primeras herramientas de Vigilancia e Inteligencia Estratégica surgieron durante la segunda guerra mundial para el ámbito empresarial en Japón, Francia y España, luego hace un giro para llegar a los ámbitos académicos y gubernamentales. El concepto comienza a asociarse e integrarse dentro de la Inteligencia Estratégica.

Este último concepto de Inteligencia estratégica siempre estuvo estrechamente ligado a las estrategias militares, como un producto integrado a la seguridad nacional y al desarrollo de un país. En líneas generales se ha entendido que se trataba de un conocimiento secreto, altamente clasificado, codificado que servía para la toma de decisiones en ámbitos castrenses. (Aguirre, 2014).

A modo de ejemplo se podría decir que esa información obtenida como producto de procesos de la inteligencia sirvieron para generar planes de operaciones militares o para planificar la prevención de catástrofes relacionadas con las guerras.

Hoy la inteligencia estratégica está atravesada por muchas otras disciplinas académicas como la economía, las finanzas, la ingeniería e inclusive la administración.

Durante los últimos veinte años los cambios tecnológicos y la importancia de la información han cambiado el paradigma. Es notable reconocer los ingentes esfuerzos que los técnicos realizaban, no siempre con éxito, para la obtención de la información tecnológica antes del advenimiento de la sociedad digital. Ellos buscaban de manera manual y artesanal en bibliotecas, expedientes, juzgados, empresas y revistas científicas. Hoy estamos en el punto álgido de la era de la información, en tan solo veinte años hemos pasado de la escasa información en papel al universo digital, de la desinformación a la infoxicación, del mundo de lo competitivo a la ciencia colaborativa, de la innovación lineal a la innovación en red.

Este proceso le permitió a la vigilancia, que empezó siendo solo acerca de la tecnología, expandirse rápidamente a otro tipo de información para la toma de decisiones: normativa, económica, competitiva, social, jurídica, ambiental, etc. Así fuimos llegando a la disciplina que hoy conocemos como Vigilancia Estratégica y que incluye todas esas dimensiones y brinda una mejora sustantiva en el proceso de toma de decisiones.

En definitiva la Vigilancia Tecnológica se realizaba por separado de la inteligencia, pero actualmente la Vigilancia comienza a entrar en juego dentro de la inteligencia estratégica, como parte de un todo, incluyendo también a la vigilancia competitiva, de los mercados y de los entornos.

La Vigilancia tecnológica y la vigilancia estratégica tienen un extenso número de definiciones realizada por reconocidos autores entre las que se destaca las de Palop y Vicente (1999) que dicen que la VT es un proceso estructurado para la obtención, depuración y tratamiento de la información. Siguiendo a los mismos autores la Vigilancia Estratégica es un esfuerzo sistemático y organizado realizado por las organizaciones de observación, captación, análisis, difusión precisa y recuperación de la información sobre los hechos del entorno económico, tecnológico, social o comercial relevantes para la misma por poder implicar una oportunidad o una amenaza para esta con el objeto de poder tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios.

Luego, la Inteligencia estratégica puede definirse como una disciplina relativamente nueva, al menos la más nueva entre los conceptos acá vertidos, que involucra no solo la generación de información sino también el análisis de la información propia y del entorno para transformarla en un producto inteligente (conocimiento) que permite no solo ver los territorios que transitamos sino también y por sobre todo sirve para el planteo de estrategias de desarrollo tecnológico y la toma de decisiones.

Dentro de los pilares metodológicos de la Inteligencia Estratégica y para culminar con las



definiciones que hacen a esta disciplina, se debe consignar que es la Prospectiva tecnológica. Es el proceso sistemático realizado para explorar el futuro de la ciencia, la tecnología y la sociedad con el objetivo de identificar aquellas tecnologías genéricas emergentes y las áreas de investigación estratégicas necesarias para su desarrollo, que tengan mayor probabilidad de proporcionar beneficios económicos y sociales. (Aguirre, et al)

La prospectiva utiliza entre alguna de sus herramientas a la vigilancia para determinar cuáles son los escenarios probables en términos científicos, tecnológicos y sociales.

Algunas empresas, sobre todo las medianas y grandes poseen áreas de Vigilancia que buscan información para conocer quién es la competencia, o bien para conocer si hay algún grupo de investigación trabajando sobre el tema, o bien si existen tecnologías patentadas sobre sus líneas de I+D+i.

Nuevamente esto es posible debido a transformación de la “era digital”, o “sociedad de conocimiento de la información” (sociedad 4.0). Las TICs e internet son, sin duda, el antes y el después en la mejora de la calidad de información. Sin embargo, no todos pueden y conocen la importancia de hacer Vigilancia e Inteligencia. Quizás los más alejados a este tipo de herramientas son paradójicamente aquellos que más se beneficiarían con su impacto en la toma de decisiones. Nos referimos a las pymes que no cuentan con los recursos humanos calificados o con los recursos económicos para acceder a la herramienta o simplemente porque ignoran su existencia.

Ahora bien, para poder buscar en un inmenso mar de datos hay que poder discernir algunos temas en relación con el acceso a internet y la búsqueda de información científica y tecnológica.

Para poder realizar este trabajo debemos requerir de una metodología.

La Vigilancia tecnológica es un sistema organizacional con un conjunto de métodos, herramientas, recursos tecnológicos y humanos con capacidades altamente especializados para buscar, validar, analizar la información y convertirla en conocimiento para la toma de decisiones estratégicas. La vigilancia es un proceso de búsqueda de información del pasado pero en diferentes enfoques dependiendo de la necesidad: empresarial, universitario, gubernamental.

Así podemos encontrar diferentes tipos de Vigilancia:

- Vigilancia tecnológica: se ocupa de monitorear las tecnologías disponibles tanto emergentes como incipientes tanto en productos y servicios como en procesos productivos.
- Vigilancia comercial: se ocupa de monitorear a productos, clientes, proveedores, mercados, sus necesidades y tendencias.
- Vigilancia del entorno: se ocupa de monitorear aquellos sucesos exteriores que puedan condicionar el futuro del producto o proceso sobre el que se quiere innovar. Se vigilan las normativas, los aspectos políticos, la inclusión social.
- Vigilancia competitiva: se ocupa de monitorear la información sobre los competidores. Se realizan estudios de mercado, nuevos mercados, evolución de necesidades de los clientes, su solvencia y la procedencia de sus proveedores. La competencia no debe ser mal vista debido a que muchas veces puede significar una alianza estratégica dentro de un mismo territorio.



En cualquiera de sus formas la vigilancia posibilitará encontrar determinados resultados dentro de los que se comprenden:

- Anticipar: Identificar las señales débiles de tecnologías emergentes. Esto posibilita contraatacar los cambios. Cambios locales, regionales, globales.
- Comparar: poder analizar fortalezas y debilidades frente a la competencia, las empresas, los inversores, etc.
- Aprovechar las oportunidades de mercado o de otro tenor: de financiamiento, de enlace entre universidades, o entre universidades y empresas.
- Conocer las novedades del entorno: conocer el territorio, relevar los alrededores, otros grupos de investigación, organizaciones, etc.
- Mejorar la gestión del riesgo a la hora de tomar decisiones: tener información de calidad asegura que las decisiones tengan impacto. Generalmente impacto económico o político, pero no se debe descartar que muchas de las decisiones estratégicas tomadas en función de las tecnologías los entornos y los mercados pueden producir un alto impacto social.
- Minimizar el fracaso comercial.
- Asumir riesgos controlados.

La Inteligencia estratégica es explorar, monitorear, escanear información, primero a nivel mundial para luego apuntar a los focos que elijamos. Se conoce también como "horizonte escaneado".

También es dable apuntar que la inteligencia estratégica se enmarca en un proceso ético. Nos encontramos al límite del espionaje industrial. Muchas veces, ya sea porque lo pide un cliente o por otros factores, los informes de vigilancia apuntan a revisar cuentas bancarias de empresas, averiguar si los competidores tienen deudas fiscales

¹ Trastorno intelectual producto de la incapacidad de analizar y comprender la cantidad de información que nos proporcionan los medios electrónicos.

con el estado, o se introducen en el ámbito privado y personal de los empresarios. En este punto debemos determinar que para la inmensa mayoría de los autores esta situación es un proceso de espionaje industrial y no de Inteligencia Estratégica, debido a que para esta última la información es la que se encuentra publicada de manera lícita y oficial.

La diferencia entre Inteligencia y Vigilancia, es que durante la Vigilancia se realiza una búsqueda y análisis cuantitativo (cuántas patentes encontré; cuál es la empresa líder; de qué país hay más patentes; dónde están los grupos de investigación, etc). La Inteligencia pone su foco en el análisis cualitativo (por qué se patenta lo que estoy buscando en tal país, hacia donde van las nuevas tecnologías, etc). No alcanza con buscar información, también es importante el análisis, que le da un valor agregado al producto final.

Todo el análisis y búsqueda de información realizada durante la Vigilancia, luego se relaciona con los procesos de la Inteligencia de manera de generar insumos o soluciones como base para la realización de ejercicios de prospectiva tecnológica, o bien para la toma de decisiones, o para el planeamiento estratégico, la inteligencia artificial, etc. Se busca información de un tercero, desde la actualidad hacia el pasado (generalmente 10 años, o cinco (5) cuando trabajamos con empresas). Traemos toda esa información para procesarla para realizar una proyección a corto plazo (como máximo 10 años).

3. La Infoxicación¹ e Internet.

En la actualidad nos encontramos infoxicados por el exceso de información existente. Los medios electrónicos y el alto nivel de conectividad proporcionan tantos datos que podemos incurrir en trastornos intelectuales y de capacidad de atención. Hoy internet nos brinda acceso a más de 2 millones de artículos, 60 mil revistas técnicas, durante los



últimos cinco (5) años se ha estimado que se crean siete (7) millones de páginas web nuevas por día.

Por otro lado el sistema tecnológico internacional produce alrededor de un millón de solicitudes de patentes por año. Esta invaluable cantidad de información nos pone frente a la necesidad de contar con herramientas informáticas y tecnológicas que faciliten la depuración, filtrado y selección de la información. Y minimice el riesgo de pérdida de información de calidad.

Surge una necesidad de determinar la información que es útil. A todo ese exceso de datos se le suman las redes sociales, que representan otro foco de información. Son más de 350. El cliente vive en las redes sociales, es imposible no darles importancia, pero esta información debe ser analizada y por eso surgen nuevas técnicas para procesar esa información.

Dentro de las bondades de internet debemos reconocer que existen infinitas fuentes de información. Pero no todas son verdaderas, no todos son datos oficiales, validos, ciertos. Actualmente estamos situados en un mundo que fabrica noticias falsas que se introducen a través de diferentes portales de internet para producir un impacto determinado de antemano. La creciente producción y divulgación de “fake news” se han posicionado de manera tal que gran porción de la población ha llegado a considerar que todo lo que se publica en las redes sociales es cierto y veraz. Este fenómeno también involucra a las noticias sobre tecnología, entornos y mercados.

Por el contrario la Vigilancia Estratégica no es generadora de información, sino que analizar la información ya existente para que otros tomen decisiones. Estas decisiones pueden ser muy diversas: desde generar nuevas líneas de investigación, reducir la cantidad de personas de una empresa, generar políticas de Estado que apunten a la sociedad, que una Universidad decida generar un financiamiento propio para la investigación, etc. Los vigiladores generamos insumos para que otros tomen las decisiones, acercamos información de

calidad y confiable, incluso para la realización de los ejercicios de prospectiva, pero nunca tomamos decisiones. El objetivo es que la persona que reciba la información disponga de muchos caminos posibles y decida cuál es el mejor.

4. El programa nacional de Vintec. Caso Argentina.

En el año 2010 el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (Mincyt) crea el programa nacional de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva (VINTEC) como una forma de dar respuesta a la falta de competitividad de muchos sectores productivos intentando propender a la producción de bienes y servicios que estuvieran basados cada vez más en tecnología y conocimiento.

Por esos años solo cinco personas conocían la actividad y la herramienta y la aplicaban en todo el ámbito nacional. Era la primera vez que se creaba un programa de esas características en toda la región Sur de América del Sur. El objetivo de los primeros años fue sensibilizar, formar y promocionar las herramientas de la gestión de la Vigilancia en las grandes empresas; las pymes; asociaciones empresariales, gobiernos, universidades, entre otras (Pérez, Villanueva, 2015)

El programa VINTEC se propuso como objetivo producir información de calidad a través de sus informes de corto y mediano plazo que permitan determinar lineamientos, instrumentos y estructura para otorgarle solidez a la política científica y tecnología Argentina.

Mientras tanto en ese mismo año se crea entre varios actores del ecosistema de desarrollo contando con el fuerte impulso del VINTEC, la Red Nacional de Inteligencia Tecnológica y Organizacional (ICTENOR) como un espacio abierto de formación y transferencia de conocimientos y experiencias en relación a los primeros trabajos con el uso de la herramienta.

Seguidamente sobre finales del 2010 se crea entre organizaciones industriales de nivel nacional y el Programa Vintec, la primera Antena Tecnológica que es una plataforma de Vigilancia Tecnológica



e Inteligencia competitiva para fortalecer las capacidades y las decisiones estratégicas de las empresas argentinas. En esta plataforma las empresas argentinas y el resto de los miembros del sistema científico y tecnológico tuvieron la posibilidad de acceder de manera libre y gratuita a información de calidad a través de la publicación de sus boletines semestrales y estudios panorámicos de diferentes sectores productivos que comenzaron a nutrir la plataforma de manera sistemática y continua.

Se realizaron actividades de formación, sensibilización y capacitación en muchísimos lugares del país comenzando por las universidades nacionales pero también en las cámaras empresariales y en los centros tecnológicos de los diferentes sectores y provincias argentinas.

Al poco tiempo el funcionamiento tanto de la Antena Tecnológica como del Programa VINTEC fue permitiendo la realización de un relevamiento de las demandas y necesidades de información regionales que llevaron al diseño y creación de las Antenas Territoriales. Estas unidades territoriales de Gestión de la VTeE fueron concebidas como verdaderos centros de información estratégica de desarrollo territorial de manera que pudieran generar muchas oportunidades de innovación tanto para empresas, productores, tecnólogos, innovadores, universidades como también para los gobiernos locales.

Durante los años 2013 y 2014 se crearon once unidades antenas territoriales distribuidas por todo el país. Cada una de ellas eligió abocarse a algún sector productivo relevante para su zona o territorio. En todos los casos las unidades territoriales pasaron por un proceso formativo que estuvo a cargo de los profesionales del VINTEC.

A fines de 2018 se establece una norma IRAM 50.520 que certifica la calidad a todos aquellos que realicen Vigilancia e Inteligencia Estratégica tanto en organismos, como en las universidades y en las diferentes instancias del Gobierno. Estos estándares de calidad le otorgan un nuevo

aditamento y profesionalismo a la actividad que pone a la Argentina y sus profesionales en un rango de igualdad con otros países de Europa, por ejemplo, que ya cuentan con normas de calidad desde ya varios años.

Actualmente el resultado último de la Vigilancia e Inteligencia Estratégica a cargo de la Antena Tecnológica y el Programa VINTEC es la generación una multiplicidad de boletines tecnológicos, estudios panorámicos de sectores e informes que se encuentran disponibles de manera gratuita en la plataforma.

5. Los pilares metodológicos.

El ciclo metodológico de la Inteligencia pasa también por varias opiniones diferentes entre autores. Herring (1997) lo define en cuatro etapas, en cambio Palop y Vicente (1999) lo plantean en tres etapas que constan en observar, analizar y utilizar.

Tomaremos la clasificación de Escorsa (2001) que plantea un ciclo metodológico de seis etapas:

1. PLANIFICACIÓN: Determinar cuál es la necesidad de información, qué quiero buscar. Determinar si voy a buscar patentes, artículos científicos, etc. Lo ideal es por lo menos fusionar tres (3) o más fuentes de información.
2. SELECCIÓN DE FUENTES: Determinar dónde se puede buscar esta información. Más abajo transitaremos cuales son las fuentes primarias para hacer Vigilancia.
3. BUSQUEDA Y RECOLECCIÓN.
4. ANÁLISIS Y VALIDACIÓN: Análisis cuantitativo, realizado por los vigiladores en base a las estadísticas. Luego de este se necesitan expertos de cada área análisis cualitativo. A partir de ambos análisis se realiza una limpieza para informar al cliente el producto de la búsqueda final.



5. DIFUSIÓN Y PROTECCIÓN: Hasta aquí llega la vigilancia. La vigilancia estratégica se emparenta de manera cercana, sobre todo en este punto con la Propiedad Intelectual y las posibles acciones de protección del conocimiento.
6. TOMA DE DECISIÓN: Este ámbito le pertenece sólo al cliente o beneficiario. Hay recomendaciones y se le plantean todas las opciones y posibilidades, pero el vigilador no toma las decisiones. Hay ciertas instituciones o empresas en las que el área de vigilancia es más fuerte que otras, con lo cual las autoridades siguen sus consejos.

Una serie de preguntas conforman también un proceso metodológico a la hora de planificar y seleccionar las fuentes de información.

- ¿Qué queremos buscar específicamente? ¿Cuáles serán las hipótesis de búsqueda?
- ¿Dónde busco información?: buscamos en Internet, no en Google, que representa solamente un 20% del total de información. En el 80% restante están las bases de patentes, de publicaciones, información de mercado, las bases de proyectos, inteligencia artificial, “big data”, “data mining”, “tech mining”, etc. La Inteligencia Estratégica apunta a ese 80%. No es que dejamos de usar Google, sino que hay que complementarlo con más información de ese 80% restante, para no desperdiciar información de calidad. El proceso de realización de Inteligencia debe ser sistematizado y organizado. Debemos tender a que se convierta en un modo de comportamiento: todo el tiempo nos encontramos vigilando. Es necesario que armemos un kit de herramientas de búsqueda.
- ¿Por qué quiero buscar información? Cuál es el motivo: investigar, aconsejar a una empresa, encontrar información para generar una política de Estado, solucionar un problema.

- ¿Quién será el cliente de la información?
- ¿Quién será el beneficiario de la información?

La metodología, como para cualquier tipo de proyecto, pone el foco de planificar qué voy a buscar de modo de establecer claramente cuál será *el objetivo de búsqueda*. Qué soluciones posibles debo encontrar para dar respuesta a una necesidad de información, este es el factor crítico que debo definir.

Luego, se define qué *Fuentes* de información se utilizarán. Nunca debe ser una única fuente, por lo menos se deben utilizar tres fuentes de las existentes que producen la información que luego será analizada.

Las fuentes primarias de información son:

- Patentes de invención.
- Publicaciones científicas.
- Proyectos nacionales e internacionales de I+D.
- Congresos y Ferias.
- Noticias.
- Normativa vigente.
- Mercado.

Una vez decididas las fuentes, se deben definir qué *Herramientas* utilizar en cada caso: qué plataformas. Para el caso de búsqueda de patentes, publicaciones y proyectos hay bases de datos son estructuradas. En cambio para buscar información de mercado, tendencias y legislaciones y normas no hay una base única sino que se trata de un trabajo más artesanal, que requerirá el cruce de información obtenida a través de varias fuentes.

Todos los países tienen sus propias normativas para regular las solicitudes de patentes, las barreras de mercado, etc. Lo que se permite en un territorio en otro puede encontrarse totalmente prohibido. Este factor es importante a la hora de priorizar la búsqueda de legislaciones y normas.



Tampoco existen bases únicas de noticias de prensa, pero estas son muy importantes, a veces llegan antes que las publicaciones o las patentes. Las ferias y congresos cobran importancia ya que en los eventos internacionales suelen reunirse dos o tres personas referentes que marcan tendencia y puede ser de gran importancia suministrarle a los clientes cuáles son esos nombres, sus publicaciones o solicitudes de invención.

Otra fuente de incalculable valor lo constituyen las bases de financiamiento de proyectos de I+D. Es importante saber de dónde vendrá el dinero para financiar nuevos desarrollos o investigaciones.

Luego se realiza la búsqueda y el análisis. En esta última etapa es importante considerar la participación de expertos para validar la información técnica y específica de cada disciplina. Los vigiladores no cuentan con saberes específicos en todas las tecnologías; por lo cual la validación con expertos le otorga solidez y profesionalismo a la información encontrada y sobre todo al análisis de los datos.

Antes de finalizar con los procesos metodológicos debemos consignar la importancia que tiene la protección de la información que brindan y que requieren los clientes. El manejo confidencial de la información debe ser resguardada entre los equipos que llevan adelante los procesos de Vigilancia estratégica. Es cada vez más frecuente la firma de acuerdos de confidencialidad que brindan seguridad y confianza a la hora de iniciar la tarea.

6. Herramientas prácticas para realizar las primeras búsquedas de información tecnológica.

En función de cada caso particular, se definirá el objetivo de búsqueda que puede ser la combinación de dos o más tecnologías aplicadas a un rubro o campo determinado. Debemos ser muy específicos a la hora de definirlo para obtener buenos resultados que no resulten tan amplios ni tan escasos para que no sobre ni falte información. Una vez planteado el objetivo de búsqueda, se recomienda la generación de una tabla con:

- Palabras claves técnicas: en la mayoría de los casos estas primeras palabras nos las provee el experto o el cliente. Las palabras clave engloban: el nombre o tema de las normativas, el nombre de la tecnología, el nombre de la materia prima, etc. Es recomendable reunir no menos de 10 palabras clave que den respuesta a ese objetivo de búsqueda.
- Luego, se deben traducir las palabras clave al inglés, para poder utilizar bases internacionales. Se deben traducir con un traductor técnico o nomenclador.
- Es importante también definir sinónimos y acrónimos, que ayudan a la hora de buscar. A veces se encuentra mayor información con los acrónimos, que nos pueden brindar los expertos. Hay más caudal de información buscando "GPS" que buscando "Sistema de Posicionamiento Global" o "RSU" que Residuos Sólidos Urbanos.
- Es de suma importancia definir los países donde voy a realizar mi búsqueda: generalmente las primeras búsquedas se realizan en los países líderes en cada rubro, donde se encontrarán los mejores datos de evolución tecnológica y también probablemente de mercado. Pero también es muy recomendable buscar en el país propio del cliente para poder comparar algunos datos con el resto de la información tecnológica.

La tabla nos será de mucha utilidad para efectuar las ecuaciones de búsqueda. Las ecuaciones de búsqueda no son estáticas. Generalmente durante la búsqueda van surgiendo términos nuevos que antes no se contemplaban y la tabla va mutando.

Cuando comenzamos a buscar información en bases de datos estructuradas como son las de Patentes, Publicaciones científicas o Proyectos de I+D tendremos que familiarizarnos con nuevas formas de solicitar la información. Los conectores lógicos básicos, para comenzar con ecuaciones



sencillas son AND, OR, NOT. Siempre se utilizan en inglés y en mayúscula. Estos permiten combinar las palabras clave definidas en la tabla. Se pueden utilizar, en una misma búsqueda, combinación de todas palabras en castellano o todas en inglés, pero no combinar idiomas porque eso devuelve información de mala calidad.

AND: Este conector va adicionando todo, como una suma de elementos (una cosa y la otra)

OR: se suele utilizar para conectar sinónimos, tecnologías análogas o similares.

NOT: se utiliza para excluir términos dentro de otros.

En el caso de palabras compuestas: cuando realizamos búsquedas acerca de un concepto específico conformado por un conjunto de palabras que no se puede separar (ya que no significaría lo mismo), se puede utilizar comillas. Por ejemplo: "impresión 3D".

Otra herramienta clave a la hora de comenzar las primeras búsquedas es el asterisco (*): se utiliza para englobar todas las palabras que comiencen con un prefijo o una palabra determinada y que terminen de cualquier forma. Por ejemplo, si quiero obtener información sobre todo lo perteneciente al campo "bio" puedo escribir: bio* y el buscador devolverá biotecnología, biología, biodiversidad, biografía, etc. Se debe tener cuidado ya que a veces solo se quiere buscar sobre un área específica, en ese caso: biotec* devolverá todo lo relacionado a la biotecnología (biotecnología/s, biotecnólogo/a, etc), es de importancia para incluir los plurales y los géneros.

Los paréntesis se utilizan para combinar ecuaciones. (... OR ...) AND (... OR ...) NOT (...) etc.

Estas herramientas solo se pueden utilizar en ciertos buscadores, no en todos. Sirven para bases estructuradas como las de patentes, publicaciones y proyectos.

Algunas características sobre las búsquedas en bases de datos estructuradas:

Meta y multibuscadores: permiten buscar en varios sitios a la vez (publicaciones científicas, noticias de prensa, redes sociales, normativas, etc.) con una única búsqueda. Esta búsqueda puede ser de una palabra o dos palabras con un conector (AND, OR, NOT). Los más utilizados son Carrot2 y Biznar y presentan características similares.

Carrot2: divide los resultados en carpetas, por palabras de concurrencia. Permite elaborar un gráfico con esas carpetas. Se pueden buscar otras palabras clave que estén dentro de esas carpetas para agregar a la tabla, además, se puede abrir cualquiera de esas carpetas y dentro de esa carpeta se vuelven a dividir los resultados en más carpetas. Los gráficos se pueden utilizar para los informes pero siempre citando la fuente de información: "elaboración propia con Carrot". Es muy útil ya que permite tener un primer panorama del contexto con cada tema particular, antes de abordar una búsqueda profunda de patentes y publicaciones.

Biznar: es similar a Carrot. También incluye patentes en su rastreo de información. Se busca con una palabra clave o dos palabras y un conector. Se puede elaborar un gráfico con dos instancias.

OVTT: esta es una herramienta de Vigilancia de la Universidad de Alicante (España). Debemos completar un formulario con la información que deseamos obtener, realizando un pedido de información, que luego llega por mail de manera diaria, semanal o mensual. El formulario se puede actualizar cuantas veces se necesite.

Rastreadores de noticias: son muy importantes para saber el estado de empresas y grandes organizaciones. Las noticias generalmente anteceden la presentación de solicitudes de las patentes y las publicaciones. Google News y News Maps son algunas de estas herramientas. La segunda permite buscar en más de catorce países y en diferentes disciplinas: mercado, ciencia y tecnología, salud, deporte, etc. Cada color corresponde a un rubro. Permite buscar en todos



los medios de un país, no separa entre noticias fiables y no fiables, se debe validar la fuente de información manualmente y para lo cual la mayor cantidad de las veces se necesitan expertos en el tema.

Bases de datos de patentes, publicaciones, proyectos: en este caso nos encontramos ante fuentes que ya se encuentran validadas.

Publicaciones científicas: además de realizar ecuaciones se puede buscar por campo (palabras clave, título, resumen, autor, país, institución, etc). Las publicaciones científicas tienen una restricción: se necesita autorización para acceder a las bases que, generalmente, son pagas. Algunas de las bases de publicaciones son: Science Direct, Scopus (permite exportar resultados de las búsquedas en Excel, pero no los resúmenes), IEEEexplore, Science Research (base de tesis), Google Scholar (es paga), Gopumed (gratuita, enfocada a la medicina, permite exportar gráficos), etc. Además de las bases pagas y gratuitas existen los repositorios digitales. En varios países de nuestra región las universidades están obligadas por ley a contar con un sitio en el que publiquen los proyectos de tesis aprobadas de sus alumnos.

Patentes: existen varias bases de datos y herramientas para acceder a este enorme caudal de información tecnológica. Generalmente estas bases son gratuitas, abiertas y se pueden consultar en cualquier lugar. Algunas de ellas son: Espacenet, Patent Lens, PatentScope, Patent Inspiration (permite obtener gráficos, saber que empresas o investigadores poseen mayor cantidad de patentes, etc. posee una parte paga y una gratuita). Tanto Espacenet como Patent Scope permite obtener todas las patentes solicitadas o concedidas de todo el mundo. Cada país, a su vez, tiene una página web en la que publica sus patentes solicitadas y concedidas.

Proyectos I+D+i: se cuenta con dos bases estructuradas para la búsqueda de proyectos, una de la Unión Europea (CORDIS) que financia proyectos. En esta base pueden observar algunos proyectos

de países americanos pero que se encuentran en alianza con algún miembro de la unión ya que generalmente los coordinadores son de un país de Europa. La segunda es de proyectos financiados por el BID (Banco Interamericano de Desarrollo), en este caso permite encontrar proyectos de América Latina. En estas bases se puede observar cuales son los proyectos que se están financiando en la actualidad, esto implica la importancia de ciertas tecnologías. Se puede buscar con una palabra o dos palabras y un conector. En muchos casos se puede ver el proyecto en su totalidad. La riqueza de esta base es se encuentran diferentes tipos de proyectos, incluso del ámbito social.

Algunas claves para el tratamiento de la información:

En relación a las publicaciones científicas se aconseja elaborar una ficha técnica con los resultados de las búsquedas, que contenga:

- Título
- Resumen
- País
- Año
- Autor/Institución
- Link

Todo el material encontrado debe consignar esta información. No es necesario que los informes contengan todos los documentos completos. Solo es suficiente completar con el abstract, para que el cliente tenga una idea de la información y decida si quiere solicitar documento. El link es muy importante, para que se valide la existencia de la información original.

En relación a las Patentes debemos considerar ciertas características de las mismas.

Los requisitos de patentabilidad son tres y se establecieron de manera universal en el Convenio de Paris en 1883. El invento debe reunir tres requisitos indispensables: la "novedad", la "altura



inventiva”, y la “aplicación industrial”. Las oficinas de patentes de los diferentes países deben evaluar el cumplimiento simultáneo de los tres requisitos. En dichas oficinas, hay un grupo de técnicos (examinadores de patentes) preparados para recibir cualquier tipo de solicitud. Ellos realizan un tipo de búsqueda y análisis muy similar al utilizado por la vigilancia tecnológica debido a que vigilan no solo patentes internacionales, si no también revistas técnicas, publicaciones con enlaces, historietas, películas, las redes sociales para asegurarse de que el invento por el que se solicita la concesión de la patente tenga un alto grado de innovación y que haya sido desconocido hasta ese momento.

Las patentes poseen un período de evaluación luego de haberse presentado la solicitud. Luego de 18 meses de su presentación las oficinas de patentes proceden a su publicación en sus boletines. Lo que significa que en algunos casos los vigiladores buscamos tecnologías que ya fueron presentadas como solicitud de patentes pero que aún resultan opacas o invisibles porque no se ha procedido a su publicación. Para la Inteligencia Estratégica no es importante si una invención está o no en condición de ser patentada, lo que sí nos aporta es una rica información sobre las tendencias tecnológicas y los avances de la ciencia.

Los aspectos más importantes a vigilar son el país y la condición de la patente, es decir, si fue solicitada, concedida, caduca, removida. Las dos primeras letras del número de patente corresponden al país donde fue presentada la patente. La letra final corresponde al estado o condición de la misma: “A” es presentada o solicitada, y “B” es concedida (no es importante si es A1, B1, etc. Solo la letra). También es importante la fecha de presentación y publicación que los términos del monopolio de la patente son extendidos durante 20 años sin excepción en casi la totalidad de los países.

Otro aspecto importante es la clasificación: todas las patentes se clasifican con códigos (CIP). Estos códigos se dividen en categorías y subcategorías, en función del tipo de invención y sus características y de la disciplina tecnológica.

Las patentes no solo dan información sobre tecnologías (emergentes, disruptivas, en qué situación está la tecnología, etc.), sino que también brindan información del mercado y hasta en algunos países las mismas bases de datos de las oficinas indican cuales patentes han sido licenciadas y se encuentran en plena etapa de comercialización. Los nombres de las empresas aplicantes o solicitantes, así como los equipos de inventores revelan quienes son líderes en patentes, y muchas veces en el mercado, aunque esto no coincida en todos los casos.

Muchas veces conviene realizar una primera búsqueda general y luego una segunda búsqueda y filtrar países que patentan muchísimo como China, Corea, Singapur, India, para evitar que distorsionen la estadística. Ya que una misma solicitud puede ser presentada en muchos países.

En relación a los Proyectos de I+D el foco de la Inteligencia Estratégica esta puesto en analizar quienes están realizando el mismo trabajo en distintas partes del mundo para poder generar alianzas de cooperación entre países, universidades o instituciones científicas de diferentes zonas del mundo.

7. Conclusiones

Como resultado del presente artículo se destaca una propuesta sobre el marco conceptual que fue transitando por los distintos componentes de la Vigilancia Tecnológica y Estratégica, la Inteligencia Estratégica y la Prospectiva, todas presentadas como un método estructurado y sistemático de planificar, obtener, analizar y presentar la información tecnológica que propenda a incrementar fuertes mejoras en los procesos de innovación en la vida académica y las organizaciones del tejido productivo.

Hemos presentado un caso de éxito en Argentina cómo el Programa VINTEC, la Antena Tecnológica y las unidades o Antenas Territoriales que han favorecido no solo la formación de recursos humanos específicamente calificados para realizar procesos de Vigilancia e Inteligencia, sino que



también ha posibilitado línea de publicaciones permanentes consistente en una enorme cantidad de boletines y estudios sectoriales disponibles y de acceso gratuito para empresas y sectores productivos.

También resaltamos una serie de métodos, pasos, consejos prácticos para que los jóvenes estudiantes o los investigadores en formación ya no sientan que la herramienta es compleja y distante en sus posibilidades.

Hoy el acceso y la conectividad están al alcance de la mano. La metodología debe hacerse cada vez más extendida entre los futuros profesionales sin importar cuál sea su disciplina para mejorar sus decisiones estratégicas.

Concluimos en la esperanza de haber podido realizar un aporte metodológico a la comunidad académica en sus posibilidades de crear valor, conocimiento, ciencia y desarrollo tecnológico.

8. Agradecimientos

Los resultados de este artículo no pudieran haberse realizado sin los aportes generosos y desinteresados de los Esp. Nancy Pérez² y Miguel Guagliano³ del Programa VINTEC.

9. Referencias

Aguirre, J.; Cataño, G. y Rojas, M.D. (2013) Análisis prospectivo de oportunidades de negocios basados en vigilancia tecnológica. Revista Puente. 7(1), 29-39

Aguirre J (2015) Inteligencia estratégica: un sistema de gestionar la innovación. Revista Estudios Gerenciales 31 100-110,

Berenguer, J., (1982) Información tecnología y función de inteligencia. Madrid, Libros OGEIN, Fundación Empresa Pública.

Castro, S., (2007) Guía Práctica de Vigilancia Estratégica. España, CEMITEC, Agencia Navarra de Innovación, Gobierno de Navarra.

Cartier, M., (1999) "La veille: introduction" [En línea] www.mmedium.com.

Escorsa, P., (1998) "Mapas tecnológicos y estrategia empresarial" en Economía Industrial. Núm. 319. Madrid. Escorsa, P., Maspons, R. y I. Ortiz, (2000) Las Unidades de Inteligencia/ Conocimiento en el diseño de Políticas Científicas y Tecnológicas. Sala de Lectura OEI. [En línea] <http://www.oei.es/salactsi/perel.pdf>

Escorsa, P.y Maspons, R., (2001) De la Vigilancia Tecnológica a la Inteligencia Competitiva. FTrentice Hall, Pearson Education.

Escorsa, P. y Valls, J., (2005) Tecnología e innovación en la empresa. Ediciones UPC, Alfaomega.

Escorsa, P., (2007) La inteligencia competitiva: factor clave para la toma de decisiones estratégicas en las organizaciones. Madrid, Fundación Madrid para el conocimiento.

Herring, J., (1992), "The role of intelligence in formulating strategy" en Journal of Business Strategy. Vol. 13, Núm. 2.

Medina, J. y Sánchez, J.M. (2010) Sinergia entre las prospectiva tecnológica y la vigilancia tecnológica y la inteligencia competitiva. Bogotá. Giro Editores.

Morin, J., (1985) L'excellence technologique. Paris, Publi Union.

Norma UNE 166006:2006 EX, Gestión de la I+D+i: Sistema de Vigilancia. Madrid, AENOR.

Palop, F. y Vicente, J., (1999) Vigilancia Tecnológica: Documentos COTEC sobre oportunidades tecnológicas. Fundación COTEC.

2 Coordinadora del Programa Nacional VINTEC. Dirección Nacional de Estudios. Subsecretaría de Estudios y Prospectiva. Secretaría de Planeamiento y Políticas del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.

3 Miembro técnico del Programa Nacional VINTEC. Dirección Nacional de Estudios. Subsecretaría de Estudios y Prospectiva. Secretaría de Planeamiento y Políticas del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.



Palop, F. y Vicente, J., (1999) Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva: su potencialidad para la empresa española. Fundación COTEC.

Pérez, N. y Villanueva, M. (2015) Programa Nacional VINTEC: primera experiencia argentina sobre Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica (VTeIE) Revista Sistemas Regionales de Innovación. Aprendizaje continuo. 46-63

Zaintek, (2003) Guía de Vigilancia Tecnológica: sistema de información estratégica en las Pymes. Bilbao, DZ Centro de Diseño.



LAS TEORÍAS DE LA ORGANIZACIÓN Y LA GESTIÓN: DE UN PARADIGMA A OTRO

Alvaro Zapata Domínguez
Profesor Titular Escuela de Negocios
Universidad del Norte
alvaroz@uninorte.edu.co

Como sabemos, desde hace más de un siglo, nuestras sociedades son el escenario de numerosas transformaciones económicas, sociales, políticas, culturales, ecológicas. Estos cambios, cuyos orígenes se remontan más atrás en la historia, condujeron a aquello que el historiador y sociólogo americano I. Wallerstein calificó de *capitalismo histórico* marcado por el auge de la racionalización, por la acumulación del capital, por la hegemonía de las categorías económicas, por el desarrollo del individualismo, por la obsesión del progreso, por la urbanización, y por el cambio tecnológico (Chanlat, J.F., 1990: 3-25). Este nuevo orden social, en permanente movimiento, ha visto nacer y proliferar un gran número de organizaciones. Nos referimos a las organizaciones formales, productoras de bienes y servicios, que se han convertido en el principal punto de fijación y estructuración individual y colectivo contemporáneo, convirtiéndose por este mismo hecho en un objeto de estudio completo.

El estudio de las organizaciones ha tomado diversos caminos: los de la economía, de la sociología, de la psicología, de las ciencias políticas, de la antropología, del psicoanálisis y el de las ciencias de la gestión. Así, encontramos diferentes propuestas para abordar su estudio.

Morgan (1986) propone estudiar las organizaciones como paradigmas, metáforas y enigmas, al plantear diferentes imágenes: la máquina para los enfoques de la administración científica y de la escuela clásica en general, el organismo para las perspectivas que se inspiran en el enfoque sistémico, el cerebro para identificar las teorías de la toma de decisiones y de la autoorganización o

autopsiéis, la cultura para designar las corrientes antropológicas y de la gestión cultural, la caverna de Platón para reenviarnos a epistemologías psicoanalíticas, la dominación para recordarnos los criterios de validez del marxismo y de los enfoques radicales, y, en fin, los intereses, conflictos y poder característicos de las corrientes políticas.

El enfoque propuesto plantea una construcción interdisciplinaria a partir de las diferentes disciplinas que tienen como uno de sus objetos explicativos la organización; con la particularidad de que la administración es, a su vez, una construcción teórica interdisciplinaria que tiene como fundamento ontológico y epistemológico las ciencias sociales y humanas. Históricamente, al plantear la conexión existente entre organización y administración se habla indistintamente de ellas, en parte porque han sido estudiadas conjuntamente.

Sin embargo, por la originalidad de su campo de acción, el nivel organizacional introduce dimensiones que le son propias y que influyen en los comportamientos humanos que se observan en su interior. Las exigencias económicas del entorno, las formas de dominación utilizadas, la historia de la organización, los universos culturales, las características sociodemográficas del personal, dan a cada organización una configuración propia e inciden en los comportamientos individuales y colectivos.

La influencia cada vez más grande que ejercen las organizaciones contemporáneas sobre la naturaleza, o su degradación y sobre las estructuras socioeconómicas y la cultura, las convierten en

elementos claves de la sociedad. Ellas contribuyen a su manera a construir el orden social mundial. Numerosos ejemplos pueden ilustrar lo dicho. En efecto, no es raro constatar cuántos éxitos económicos, financieros, industriales, técnicos, científicos, culturales, y aún deportivos de un país, se identifican a menudo con organizaciones privadas o públicas. Debemos recordar el famoso *eslogan* americano de los años sesenta “Lo que es bueno para General Motors, es bueno para los Estados Unidos” o la imagen de la “empresa samurái” que parece haber reemplazado a la “empresa yankee” y que está en el origen de la manera de administrar que se denomina *gestión cultural*. O, si queremos, en nuestro medio, la imagen de una empresa que se caracterizó porque “hace las cosas bien” y ello transcendía a sus productos e identificaba un modo particular de administración y organización.

Organización es el concepto central que parece sustentar toda la estructura de la teoría administrativa, en torno a este concepto “gira lo fundamental tanto de la práctica como del saber del administrador” (Cruz Kronfly, 1983: 12). Este autor propone redefinir el concepto de organización, a partir de tres puntos de vista, los cuales considera constituyen una metodología universal para asumir el análisis científico de cualquier realidad o proceso social:

- *La teoría del valor, propia de la Economía Política.*
- *La teoría de la ideología, propia de la epistemología contemporánea.*
- *La teoría de la causalidad estructural, propia de la concepción materialista de la historia.*

A partir de estos presupuestos concibe la organización empresarial privada “como una determinada magnitud del capital social en movimiento en un momento determinado del tiempo y del espacio” (Cruz Kronfly, 1983: 165). Plantea que es fundamental para definir lo relacionado con el origen, los objetivos organizacionales, los propósitos, los fines y los logros de la organización, diferenciar entre quienes son las personas que

participan en la marcha del capital como propietario de este, de las personas que participan como operarios (asalariados) o como administradores o intermediarios entre los propietarios y los asalariados. Este planteamiento pretende sentar las bases para conocer las organizaciones en su naturaleza y en sus leyes, o sea, las leyes del funcionamiento del capital. En este sentido afirma que las personas que ponen en movimiento el capital:

“Son sujetos culturizados e ideologizados socialmente, que mantienen unas líneas de poder “interno” claramente definidas que se expresan como poder político-jurídico y, que corresponden, a su vez, a los canales de dominación político-jurídica e ideológica existentes en la sociedad, como macro-realidad” (Cruz Kronfly, 1983: 171). Con lo anterior el autor quiere demostrar:

“Que el límite entre la organización y lo social no debe fundarse en la afirmación de que lo social está constituido por lo político, lo ideológico, lo cultural, lo jurídico, etc., como entorno o medio ambiente, puesto que la organización también es, en cuanto magnitud determinada del capital social, una estructura económica, jurídica, política, ideológica, tecnológica, ecológica, etc. (Cruz Kronfly, 1983: 171).

La mano invisible y las virtudes de la división del trabajo (Adam Smith)

A pesar de que autores como Hammer y Champy (1993), hubiesen afirmado que el mundo en general y las organizaciones y la administración en particular, han perdido más de doscientos años por haber adoptado los principios de la división del trabajo, es inevitable, al abordar el tema de la estructura organizacional, no hacer referencia a Adam Smith, Charles Babbage y F.W. Taylor.

Este concepto se le conoce del discurso administrativo como especialización. Algunos autores manejan el concepto de diferenciación, que comprende los conceptos tanto de división del trabajo (diferenciación vertical), como de departamentalización (diferenciación horizontal).



La actividad administrativa de división del trabajo consiste en definir la naturaleza y el contenido de cada puesto de la organización y agrupar aquellas actividades que al ser combinadas ofrecen ventajas para su ejecución. La división del trabajo se efectúa de acuerdo con la especialización que requiere una actividad o grupo de actividades para ser ejecutadas en forma eficiente:

“Los aspectos asociados con la división de la mano de obra, se relacionan con el grado en que se especializan los puestos. Todos los puestos son especializados en cierto grado y la capacidad para dividir el trabajo entre muchos empleados es una ventaja clave de las organizaciones” (GID, 1983: 245).

Según estos autores, la especialización ofrece dos grandes ventajas:

- Si un puesto incluye pocas tareas, es posible entrenar con facilidad el personal de reemplazo, en caso de despidos, transferencias, etc. El mínimo esfuerzo de entrenamiento da por resultado menos costo de la capacitación.
- Cuando un puesto sólo incluye un número limitado de tareas. Este elevado nivel de pericia mejora la calidad del producto o servicio.

Al ejecutar la actividad de división del trabajo, los administradores deben elaborar manuales en los cuales se especifique para cada puesto:

- La naturaleza de la tarea a realizar. Estableciendo el alcance y fondo del puesto.
- Descripción o definición de la tarea a realizar.
- Responsabilidad asociada a cada tarea.
- Objetivos o resultados que se esperan.
- Requisitos para satisfacer las expectativas definidas (destrezas, aptitudes, entrenamiento, etc.).

Taylor (1911) retoma aspectos que se conocían en la época, donde es evidente la influencia de la obra de Adam Smith, “La Riqueza de las naciones” y, al igual que el profesor escocés, su mayor virtud estuvo en acoplar los elementos de forma sistemática, agregándole las ideas necesarias para hacer un discurso coherente.

Para Taylor (1911), el trabajo, de ser estudiado científicamente, debe considerar la descomposición de sus elementos, para así identificar movimientos innecesarios, herramientas con diseños inadecuados y puestos de trabajo mal diseñados y distribuidos. El concepto de racionalización del trabajo a través del mejoramiento del proceso y del diseño de este descompone las operaciones en sus elementos constitutivos (desplazamientos, demoras, inspecciones, almacenamientos, etc.) permitiendo analizar la forma como un trabajo es llevado a cabo haciendo posible eliminar etapas innecesarias, movimientos inútiles, combinaciones inadecuadas, y diseñar un nuevo método. Lo anterior permitirá fijar estándares de trabajo a través de las técnicas, como los estudios de tiempos y movimientos, los estudios de incentivos, los estudios de distribución en planta y control de la producción, aspectos que al estar basados en la noción taylorista de la factibilidad de la ciencia del trabajo es más pertinente.

El entorno de finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX no ofrecía mayores turbulencias y la demanda estaba en constante expansión para una producción en masa. Por ello, el análisis taylorista es de un carácter organizacionalmente cerrado, introspectivo. Teniendo tal naturaleza, la estructura organizacional debe girar alrededor de la actividad fabril. El taller es el núcleo de la empresa y los obreros conforman la base. La estructura organizacional es simple: un taller con obreros y supervisores: estos últimos pasan a ejercer también la función de analizadores de los desempeños para ulteriores depuraciones. Concibe la planta compuesta de tres niveles: los obreros, los supervisores o sobrestantes y las personas de la

La Administración Científica (Frederick Taylor)



sala de planeación. Taylor concibió la pirámide de la estructura organizacional.

El proceso administrativo y la función organización (Henri Fayol)

Aunque todavía se discute si la Administración es una ciencia o, por el contrario, un arte, desde una perspectiva funcionalista se afirma que la función básica de la Administración, como práctica, es la de seleccionar objetivos apropiados y guiar y dirigir a la organización hacia su logro. Lo anterior implica definir la administración como un proceso, que como tal requiere de la ejecución de una serie de funciones.

Fayol (1917), describió las actividades administrativas como compuestas por las funciones de planear, organizar, dirigir, coordinar y controlar.

“Administrar es pronosticar y planear, organizar, dirigir, coordinar y controlar:

- Planear es buscar y suministrar medios para examinar el futuro y diseñar el plan de acción.
- Organizar significa construir una estructura dual, material y humana, de la empresa.
- Dirigir quiere decir mantener la actividad entre el personal.
- Coordinar significa unir, unificar y armonizar todas las actividades y esfuerzos.

Controlar quiere decir que cada cosa ocurra de acuerdo con la regla establecida y la orden dada” (Fayol, 1917).

Fayol afirma también que:

“La función administrativa no es encargo personal ni privilegio exclusivo del jefe o de los dirigentes de la empresa. Es una función que se reparte y se distribuye proporcionalmente con las otras funciones esenciales, entre la cabeza y los miembros del cuerpo social de la empresa” (Fayol, 1917).

Para Gibson, Ivancevich y Donnelly (GID, 1979: 43), “la función organizadora comprende todas las

actividades administrativas que se realizan para traducir las actividades planificadas necesarias en una estructura de tareas y autoridad”

Como ya la función planificadora ha establecido qué se va a hacer y cómo se va a realizar, la función organizadora dice quién va a ejecutar lo planeado: “La función organizadora tiene por resultado la determinación de los “quienes” es decir, de quién hará con quién para lograr los resultados finales deseados” (GID, 1979: 44).

De acuerdo con lo anterior, la función organizadora debe realizar todas aquellas actividades que sean necesarias para establecer un orden estructurado del rendimiento potencial de la empresa, que permita regular el comportamiento de cada uno de los elementos y sus interrelaciones.

Ulrich (1983), señala que la función organizadora debe estructurar un sistema que permita resolver las tareas futuras orientadas hacia los fines establecidos, pero que al mismo tiempo permita flexibilidad en el comportamiento organizacional para adaptarse a los cambios del medio ambiente:

“El problema de la formulación de una organización apropiada de la empresa consiste en asignarle una estructura que, de una parte, oriente las actividades de todos los elementos hacia los resultados deseados, pero que, de otro, deje abiertas tantas posibilidades de comportamiento a la empresa como sea posible, para que se pueda adaptar a las condiciones cambiantes (Ulrich, 1983: 247).

Por su parte, Gibson, Ivancevich y Donnelly (1979), desagregan la función organizadora en cuatro subfunciones:

- Definir la naturaleza y el contenido de cada puesto de la organización. A esta actividad también se le conoce como especialización o división del trabajo.
- Determinar las bases para agrupar los puestos. Esta actividad consiste en agrupar



los puestos en áreas o departamentos. Se le conoce también como departamentalización.

- Decidir el tamaño del grupo. A esta actividad se le conoce también como esfera de control.
- Delegar autoridad al administrador asignado.

Fayol dibujó la pirámide de la estructura organizacional.

El ideal tipo de organización: la burocracia con dominación legal (Max Weber)

De la observación histórica de los fenómenos sociales, Weber (1984) deduce las características típicas de la organización más eficaz: la burocracia. En una pequeña parte de su obra, trata el tema de la dirección administrativa y la organización burocrática.

La denominación legal se fundamenta en las siguientes ideas, relacionadas entre sí:

- Todo derecho pactado u otorgado puede ser estatuido de modo racional, con arreglo a fines y/o a valores, para ser respetados por lo menos por los miembros de la asociación.
- Todo derecho es un cosmos de reglas abstractas, estatuidas intencionalmente. La administración supone el cuidado racional de los intereses previstos por las ordenaciones de la asociación.
- El soberano legal típico obedece al orden impersonal, por el que orienta sus disposiciones.
- El que obedece solo lo hace en cuanto es miembro de la asociación. Solo obedece al derecho. No obedece a la persona sino al orden de lo impersonal dentro de una obediencia limitada

Las categorías fundamentales de la dominación legal son:

- Un ejercicio continuado sujeto a la ley.

- Una competencia, que es un ámbito de deberes y servicios, objetivo y limitado, con poderes para su aplicación.
- El principio de jerarquía administrativa. Es la ordenación de autoridades fijas, con facultades de regulación e inspección y con derecho de queja y de apelación ante las autoridades superiores por parte de las inferiores.
- Las reglas con que hay que proceder pueden ser técnicas o normas. Para lograr la racionalidad, su aplicación exige una formación profesional. Solo participa del cuadro administrativo el personal calificado profesionalmente.
- Rige la separación plena entre el cuadro administrativo y los medios de administración y de producción.
- No existe apropiación del cargo por quien lo ejerce.
- Existe el principio administrativo de atenerse al expediente. Este expediente y la actividad continuada del funcionario hacen la medula de toda forma moderna en la actividad de las asociaciones.

Este tipo de administración legal y racional es susceptible de aplicación universal y es lo más importante en la vida cotidiana, donde dominación es primariamente administración. El tipo más puro de dominación es aquel que se ejerce por medio de un cuadro burocrático. El dirigente, sea elegido o designado, posee la autoridad, aun cuando ésta sea por competencias legales. El cuadro administrativo se compone de funcionarios individuales, que, sin importar su carácter público o privado, son:

- Personalmente libres, solo se deben a los deberes de su cargo.
- En jerarquía administrativa rigurosa.
- Con competencias rigurosamente fijadas.
- En virtud de un contrato. De libre selección.



- Con una calificación profesional que fundamenta su nombramiento.
- Son retribuidos en dinero y son revocables.
- Ejercen el cargo como su única y principal profesión.
- Tienen una expectativa de ascenso y avances por años de servicio.
- Trabajan separados de los medios administrativos y sin apropiación del cargo.
- Están sometidos a una rigurosa disciplina y vigilancia administrativa.

Weber conceptualizó la pirámide de la estructura organizacional. Quienes le siguieron la eternizaron.

La organización y las estructuras informales (Elton Mayo)

Roethlisberger y Dickson (1939) basados en la idea que la organización industrial es un sistema social, demostraron que no se podía comprender el comportamiento de los empleados en el trabajo sin tener en cuenta la organización informal del grupo y la relación que dicha organización con toda la empresa la empresa. Las actividades del grupo informal y sus satisfacciones y sus insatisfacciones se pueden considerar como manifestaciones de un modelo complejo de interacciones. En este sentido, existen aspectos de la vida social de una empresa que no se encuentran representados en la organización formal:

La jerarquía de los valores, relacionados con el prestigio, y que tiende a considerar el trabajo de los hombres más importante que el de las mujeres y el de los empleados de oficina más importante que el de los obreros en el trabajo en cadena.

Los grupos primarios, es decir los grupos que surgen de las relaciones interpersonales cotidianas sobre los lugares de trabajo.

Los modelos de interacción que existen entre las personas de posiciones sociales diferentes.

Los sentimientos y los valores que hay en la organización social y mediante los cuales los individuos y los grupos de individuos se diferencian, son dirigidos y se integran informalmente.

Los individuos por las asociaciones en la fábrica establecen relaciones interpersonales y forman grupos informales en los que cada persona adquiere una cierta posición y un cierto estatus.

Aunque los estudios de la organización informal de la fábrica de Hawthorne no incluyen a los empleados, los autores señalan que sería inexacto pensar que este fenómeno se produce solamente en este nivel. La organización informal se manifiesta en todos los niveles, desde la base hasta la cima. La organización informal, tanto al nivel de la dirección como de la base, puede facilitar u obstaculizar la cooperación y la comunicación. En ambos casos y en todos los niveles de la organización, existen organizaciones informales como condición necesaria para la colaboración. Sin ellas, la organización formal no podría sobrevivir mucho tiempo. Las organizaciones formales e informales son aspectos interdependientes de la interacción social.

En síntesis, las funciones que realiza la organización informal son:

- Propender por la comunicación y la coordinación
- Estimular la integración del individuo en su grupo de trabajo
- Apoyar la estructura y la organización
- Contribuir a aumentar la satisfacción en el trabajo.
- Fomentar la cultura social dentro de la organización
- Ayudar a resolver los problemas sin reglas ni procedimientos burocráticos.
- Permitir alcanzar los objetivos no oficiales, sin provocar discusiones.



Recapitulando lo dicho hasta el momento, como lo señalan diferentes autores, la administración científica de Taylor, la doctrina administrativa de Fayol, el ideal tipo de organización propuesto por Weber, se complementan con los aportes de la escuela de las relaciones humanas, iniciada por Mayo. Todas estas perspectivas constituyen lo que Aktouf (2009) denomina administración tradicional o Escuela clásica. Schein (1985) ofrece una definición que, según él, abarca la mayor parte de lo que se conoce como teoría clásica de la organización, incluyendo el enfoque de Max Weber:

“Una organización es la coordinación planificada de las actividades de un grupo de personas para procurar el logro de un objetivo o propósito explícito y común, a través de la división del trabajo y funciones, y a través, de una jerarquía de autoridad y responsabilidad” (Schein, 1985).

La anterior, como lo vemos, es una definición tradicional de organización. En ella no se consideran las presiones que la organización recibe del medio en el que existe; tampoco refleja la dialéctica de los procesos que se dan dentro de ella. Carencias que posteriores enfoques subsanarán.

La organización sistémica y de contingencia (Katz y Kahn)

Una de las primeras y más importantes contribuciones de la posición sistémica la brinda Katz y Kahn (1966), quienes definen la organización como un sistema abierto en constante interacción con su medio:

Una organización es un sistema compuesto por un conjunto de subsistemas que tienen determinadas funciones y en donde cada uno está en interacción con otros subsistemas. Una organización insume información y materia-energía de su ambiente y, después de procesar estos elementos, los produce. En esta forma, los cambios en el ambiente tienen un impacto continuo sobre la organización, de manera que siempre está ajustándose a los cambios ambientales, a la inversa, los cambios internos de la organización

tienen un impacto continuo sobre su ambiente (Katz y Kahn, 1966).

Este enfoque considera a una organización como un sistema abierto que insume y produce para el ambiente a través de sus fronteras. Primero la organización hace algo sobre o con este insumo, produciendo entonces un resultado. El resultado regresa al medio ambiente afectando, en consecuencia, la organización a medida que el medio lo consume, lo utiliza y lo evalúa.

Una definición similar en su enfoque sistémico la ofrece Richard Hall:

Una organización es una colectividad con unos límites relativamente identificables, un orden normativo, rangos de autoridad, sistemas de comunicación y sistemas de pertenencia coordinados; esta colectividad existe de manera relativamente continua en un medio y se embarca en actividades que están relacionadas, por lo general, con un conjunto de objetivos (Hall, 1983: 33)

La anterior es una definición general e inclusiva, que no revela ciertos atributos organizacionales que son importantes y que se deben tener en cuenta; pero que solo es posible conocer después de un análisis detallado de las diferentes características organizacionales y de los procesos que se dan al interior de una organización.

Schein plantea una serie de proposiciones generales, en lugar de formular una definición simple e incluyente, en las cuales resume la forma como hoy en día se concibe la organización dinámica con múltiples medios, que trata de alcanzar metas y realizar tareas a muchos niveles y en grados diversos de complejidad, evolucionando y desarrollándose a medida que la interacción con un medio cambiante determina nuevas adaptaciones internas.

Estas proposiciones son (Schein, 1985: 210-211):

- La organización se debe concebir como un sistema abierto, es decir que está



en constante interacción con todos sus medios, asimilando materia prima, personas, energía e información y transformándola o convirtiéndola en productos y servicios que luego se envían a esos diversos medios.

- La organización se debe concebir como un sistema con propósitos y funciones múltiples que implican múltiples interacciones entre la organización y sus medios. Muchas de las actividades de los subsistemas de la organización no se pueden entender si no se consideran estas múltiples interacciones y funciones.
- La organización está conformada por muchos subsistemas que están en interacción dinámica unos con otros. En lugar de analizar el fenómeno organizacional en términos de la conducta de cada individuo, cada vez es más importante analizar la conducta de cada subsistema, sea por que éstos se consideran en términos de coaliciones, grupos, roles o cualquier otro elemento conceptual.
- Como los subsistemas son en cierta forma interdependientes, los cambios en un subsistema afectan posiblemente la conducta de otros subsistemas.
- La organización existe en un conjunto de medios dinámicos conformados por un sinnúmero de otros sistemas, más grandes algunos, otros más pequeños que la organización. Los medios le hacen exigencias y le imponen limitaciones a la organización y a sus subsistemas en formas diversas. El funcionamiento total de la organización no se puede entender, por consiguiente, sin consideración explícita de estas exigencias y limitaciones ambientales y de la manera como la organización las confronta a corto, mediano y largo plazo.
- Los enlaces múltiples entre la organización y sus medios dificultan la especificación clara de los límites de una determinada organización. Finalmente, el concepto

de organización se concibe mejor tal vez, en términos de procesos estables de importación, conversión y exportación más que en términos de características estructurales tales como el tamaño, forma, función o diseño.

Es tal la importancia que este enfoque le concede a la información que considera que “los sistemas organizacionales son, en esencia, sistemas de comunicación” (Everett y Rekha, 1980: 59). En este sentido, los teóricos de la contingencia ven la organización como un sistema que interactúa con su ambiente. Mientras más variable sea el ambiente en términos de frecuencia, magnitud e inconsistencia del intercambio, la necesidad de estructuras adaptadas es mayor; y mientras más complejo sea el ambiente, en términos de heterogeneidad, mayores son las demandas de monitoreo y de procesamiento de información.

El sistema abierto, para los teóricos tiene una estructura organizacional la cual no es solamente un diseño, sino un elemento seleccionado y formado a través de transacciones con el entorno. La importancia de aquellas estructuras que permiten comportamientos orientados al logro de objetivos mediante la retroalimentación, Thompson (1967) denomina estas estructuras “espacios limitantes”.

El enfoque contingencial destaca que no se alcanza la eficiencia organizacional siguiendo un modelo organizacional único y exclusivo ya que los objetivos y el ambiente son sumamente diversos, estudios actuales según organizaciones complejas han llevado a una teoría: la estructura de una organización y funcionamiento son dependientes de su interrelación con el ambiente externo. Un aporte de los autores del enfoque contingencial consiste en la identificación de las variables que producen mayor impacto sobre la organización como son la tecnología y el ambiente, para predecir entonces las diferencias en la estructura y el funcionamiento de la organización debido a las diferencias en estas variables. Diferentes ambientes requieren diferentes relaciones organizacionales para alcanzar una eficacia óptima, diferentes tecnologías conducen



a diferentes diseños organizacionales. Las variaciones en el ambiente o tecnología conducen a variaciones en la estructura organizacional.

La teoría contingencial tiene lugar en la observación desde adentro hacia afuera de la organización. Esta teoría hace énfasis en el ambiente y en las exigencias ambientales sobre la dinámica organizacional. Esta teoría señala que son las características ambientales que condicionan las características organizacionales.

Los sistemas culturales, políticos, económicos, etc., afectan intensamente a las organizaciones al tiempo que están muy relacionados y dinámicamente interaccionan con cada organización. Las características organizacionales solo pueden entenderse mediante el análisis de las características ambientales con las cuales se enfrentan.

La teoría contingencial nació a partir de una serie de investigaciones hechas para verificar cuales son los modelos de estructuras organizacionales más eficaces en determinados tipos de industrias, los investigadores buscaban confirmar si dichas empresas seguían los supuestos de la teoría clásica.

Los resultados condujeron a una nueva concepción de organización: la estructura de una organización y su funcionamiento dependen de la interacción con el ambiente externo.

Esas investigaciones y estudios fueron contingenciales puesto que buscaban comprender y explicar el modo como funcionaban las empresas en diferentes condiciones, de acuerdo con el ambiente o contexto que la empresa escogió para operar. Esto significa que esas condiciones son dictadas "desde afuera" de la empresa, es decir, desde su ambiente.

Basados en esta investigación, los autores formularon la teoría contingencial: no existe una manera de organizar única y mejor; por el contrario, las organizaciones necesitan ser sistemáticamente adecuadas a las condiciones ambientales.

Mucho de lo que ocurre en las organizaciones es consecuencia de los que ocurre fuera de ellas, en el ambiente externo.

La decisión como organización (Simon)

Una consecuencia de la búsqueda de la máxima eficiencia es la búsqueda de la minimización de la incertidumbre, puesto que ésta reduce las desviaciones de los principios racionalistas. March y Simon (1958) incluso conciben la organización como mecanismos de solución de problemas que confrontan la incertidumbre y que están mediadas por el limitado conocimiento humano. Según esto, la estructura organizacional es la manifestación de la búsqueda de la certeza, una regularidad específica en los distintos comportamientos (Ranson *et al* 1980; Salaman 1980) entre los miembros de la organización unidos por un objetivo final. Así, la forma en que se distribuyen, regulan y supervisan las tareas y la manera como se delegan la autoridad y la responsabilidad, constituyen la estructura organizacional que, en virtud de su continuidad y regularidad, minimiza la incertidumbre.

La organización vista como un sistema político (Morgan).

Es útil recordar que, etimológicamente, la idea de política proviene de la visión de que, donde los intereses divergen, la sociedad debería proporcionar un medio de permitir a los individuos arreglar sus diferencias mediante la consulta y la negociación.

Morgan (1986), analiza la política organizativa de manera sistemática enfocándola a las relaciones entre intereses, conflictos y poder. La política organizativa se eleva cuando la gente piensa de formas distintas y quiere actuar de maneras diferentes. Esta diversidad crea una tensión que debe ser resuelta a través de medios políticos lo cual puede hacerse de muchas maneras: autocráticamente ("lo haremos así"), burocráticamente ("se supone que debe hacerse así"), tecnocráticamente ("lo mejor es hacerlo así"), o democráticamente ("¿cómo lo hacemos?").



En cada caso la elección, entre modos de acción alternativos, depende de las relaciones de poder entre los actores implicados.

Cuando se habla de “intereses”, se entienden predisposiciones que abarcan ambiciones, valores, deseos, expectativas y otras orientaciones e inclinaciones que conducen a una persona a actuar en una dirección en vez de otra. Las relaciones y las tensiones que existen frecuentemente entre la tarea que se desempeña (función), las aspiraciones profesionales (profesión) y la valorización personal y el estilo de vida (intereses de externos).

Los conflictos surgen siempre de que los intereses chocan. Conflicto significa la existencia de ideas, sentimientos, actitudes o intereses antagónicos y enfrentados que pueden chocar. Siempre que se hable de acuerdo, aprobación, coordinación, resolución, unidad, consentimiento, consistencia, armonía, se debe recordar que esas palabras presuponen la existencia o la inminencia de sus opuestos, como desacuerdo, desaprobación, disensión, disentimiento, incongruencia, discordancia, inconsistencia, oposición, lo que significa conflicto. El conflicto puede ser personal, interpersonal o entre grupos o coaliciones rivales. También puede darse dentro de las estructuras.

El poder es el medio a través del cual los conflictos de intereses son resueltos en última instancia. Poder es la habilidad de lograr que se realicen las cosas en la forma que uno quiere que se realicen. Las fuentes de poder son ricas y variadas proporcionando a aquellos que desean luchar en persecución de sus intereses muchas maneras de hacerlo.

Con relación a la estructura de la organización, nos interesa señalar la existencia de grupos al interior de la organización, grupos que llegan a acuerdos para dirimir los conflictos de intereses a través del ejercicio del poder. Desde esta perspectiva las coaliciones gobiernan las organizaciones, más allá de la estructura formal.

La estructura sigue a la estrategia en la diversificación (Chandler)

Chandler (1962) fue uno de los primeros teóricos en tratar específicamente el concepto de estructura organizacional. En su tratado histórico, encontró que una simple expansión del volumen podría ser manejada dentro de las divisiones funcionales existentes a través de la creación de una oficina administrativa que centralice la información. Una expansión geográfica presentaba mayores problemas administrativos de coordinación, pero estos podrían, sin embargo, estar contenidos en una forma funcional modificada y más descentralizada. No obstante, una diversificación del producto proporcionaba un ímpetu para el cambio de estructura organizacional de funcional a multidivisional debido a una sobrecarga de comunicación en la primera, ocasionando un corto circuito. La estructura multidivisional acomodaba el incremento en los problemas de comunicación, aislando las transacciones homogéneas en segmentos separados y coordinando a través de una oficina administrativa especial centralizada: el cerebro de la organización. El ímpetu de expansión era la presión por el uso de recursos no comprometidos en un entorno cambiante que proporcionaba nuevas oportunidades.

Gracias al pormenorizado estudio de Alfred D. Chandler (1962) sobre el desarrollo de cuatro grandes empresas americanas, la *Standard Oil*, la *General Motors*, la *Du Pont* y *Sears*, durante la primera mitad del siglo XX, el autor pudo identificar las características claves que tienen las compañías en las que la estructura es coherente con la estrategia, “la estructura sigue a la estrategia, como el pie izquierdo sigue al pie derecho”, sentenció.

En estas compañías se les dio un puesto relevante a las áreas de investigación y desarrollo (léase innovación). En ocasiones y de acuerdo con el sector y al momento histórico, estas dos áreas trabajaron independientemente o dentro de un mismo “cuadro” del organigrama, de todas formas, siempre con una relación muy cercana.

- El personal de estas empresas tiene una preparación académica y profesional muy elevada con liderazgo y talento para



interpretar el entorno interno y externo de las compañías.

- Las inversiones que requiere la innovación y el establecimiento de estructuras flexibles son muy costosas.
- Como estrategia se usa con frecuencia las alianzas ya sea al nivel de fusiones generales o en aventuras de negocios con riesgos compartidos, pero con identidad diferenciada (*Joint Ventures*).
- El crecimiento se basa en la diversificación de productos y de estrategias y tácticas.

La cultura cohesiona la estructura

Desde una perspectiva humanista-radical, la cultura es considerada en su contexto global, incluyendo la sociedad, y el análisis se hace en profundidad mediante la comprensión de los esquemas de significación subyacentes en las interacciones de los individuos al interior de la organización. La cultura aparece como una realidad heterogénea y diferenciada y comprende las dimensiones siguientes (Aktouf, 1990):

- La cultura es un conjunto complejo y multidisciplinario de casi todo aquello que constituye la vida en común en los grupos sociales.
- La cultura implica una interdependencia entre historia, estructura, condiciones de vida y vivencias subjetivas de las personas.
- La cultura es un conjunto de elementos en relaciones dialécticas constantes: concretas-económicas, sociales y simbólicas.
- La cultura puede ser una cultura de oposición o de diferencias al interior de una misma comunidad.
- La cultura es algo complejo y selectivo, constituido de "representaciones mentales" relacionando lo material y lo inmaterial.

- La cultura está organizada, sostenida y mantenida por elementos constitutivos indispensables y universales, entre ellos en particular el mito.

Los académicos que empatizan con la perspectiva humanista-radical utilizan una perspectiva histórica que posibilita insistir sobre el contexto en el que se efectúa el desarrollo de la cultura organizacional; por lo tanto, la emergencia de subculturas puede provenir de las bases de la sociedad, de las estructuras culturales de los miembros y del funcionamiento y la organización misma de la empresa.

Según Thevenet (1986) la organización puede ser descrita como "un tejido de subculturas que corresponden a grupos que han desarrollado una identidad distinta al interior de las organizaciones y que poseen su modo de representación, su propia relación en el trabajo y en la empresa, su manera de mirar la vida en la organización, sus percepciones y su patrimonio común de experiencia y análisis de esas experiencias".

Para Sainsaulieu (1990), el desarrollo de subculturas en la organización puede ser observado vía las bases sociales de las estructuras culturales de sus miembros, o por su estructuración al interior de las relaciones de trabajo. También pueden surgir del funcionamiento y organización de la empresa, de la división del trabajo, de las estructuras verticales y horizontales y de la departamentalización que favorece su desarrollo.

Puesto que el desarrollo de subculturas proviene de la pertenencia social de sus miembros y de las interacciones al interior de la organización, y dado que cada una contiene historias diferentes, desigualdades y referencias divergentes, la imposición única de la cultura de los dirigentes es problemática. En primer lugar, porque esta cultura es una entre varias y se inscribe entonces en un marco de relaciones que pueden ser conflictivas. Una cultura de consenso alrededor de la cultura de los dirigentes supondría un proceso político de negociación, más que la imposición simple y



llana de la concepción y valores de un solo grupo; como lo señala Morgan (1986), los seguidores del enfoque funcionalista de la “cultura corporativa” han eliminado la dimensión política subyacente en este proceso.

No obstante, lo anterior, se insiste en la pretensión funcionalista que la gestión de la cultura organizacional la cohesione al interior de esta y sirva de mecanismo de adaptación de la organización al contexto social general.

Los círculos de calidad, base de la calidad total

Calidad es el conjunto de características de un producto que satisfacen las necesidades de los clientes y, en consecuencia, hacen satisfactorio el producto. La calidad consiste en no tener deficiencias (Jurán y Gryna, 1970)

La calidad total no sólo debe referirse al producto o servicio en sí, sino que debe entenderse como la mejora permanente incluyendo los aspectos organizacionales y gerenciales, busca hacer una organización competitiva en donde todos se sientan comprometidos con los objetivos misionales.

La filosofía de la calidad total proporciona una concepción global que fomenta el mejoramiento continuo en la organización y el compromiso de todos sus miembros, centrándose en la satisfacción tanto del cliente interno como del externo. Podemos definir esta filosofía del siguiente modo: Gestión (el cuerpo directivo está totalmente comprometido) de la Calidad (los requerimientos del cliente son comprendidos y asumidos exactamente) Total (todo miembro de la organización está involucrado, incluso el cliente y el proveedor, cuando esto sea posible).

Un círculo de calidad es un pequeño grupo de personas que se reúnen *voluntariamente* y con frecuencia para realizar actividades de mejoramiento dentro de un lugar de trabajo, utilizando los métodos y herramientas de calidad con la activa participación de todos los circulantistas;

se consideran un componente muy importante de todas las actividades de calidad a través de los cuales se busca el crecimiento de las personas y el desarrollo de la organización.

La estructura en la organización por procesos

Según Howard & Miller (1994) estructurar una organización en equipos (TBO¹), debe verse como una estrategia de negocios diseñada para mejorar los resultados del rendimiento de la organización. Los equipos no son un fin en sí mismos, sino un medio para involucrar a la gente en la administración de la empresa de manera más efectivamente. Participar en un equipo no es voluntario. Los equipos deben estar facultados para tomar decisiones. Aunque las estructuras de los equipos pueden cambiar y las personas puede participar en varios equipos, éstos deben considerarse como una característica permanente de la organización. Una vez conformado el equipo éste sigue los lineamientos para el mejoramiento de los procesos.

En las empresas de gran número de actividades y relaciones complejas entre diferentes departamentos el énfasis se coloca en los procesos interfuncionales, cuya dirección efectiva, a través de las diferentes unidades de la organización, es esencial para alcanzar los objetivos de la empresa, identificando quienes son los dueños de los procesos y permitiendo la evaluación y mejora continua de los mismos. Una vez seleccionado el proceso, el modelo de mejoramiento sigue los pasos del ciclo de calidad de Deming.

La metodología para seleccionar el proceso que debe ser o será objeto de mejoramiento incluye la evaluación del impacto de los procesos en los factores críticos de éxito. Este paso es uno de los que presenta más problemas conceptuales ya que la tendencia es a preguntarse si el “factor crítico de éxito afecta el proceso” y no como debe ser la pregunta correcta: “¿Afecta este proceso el factor crítico de éxito?”

1 TBO, por las iniciales en inglés (“Team Based Organization”) “Organización basada en equipos”, o “Administración en equipos”.



De acuerdo con Hammer y Champy (1983), reingeniería es la revisión fundamental y el rediseño radical de procesos para alcanzar mejoras espectaculares en medidas críticas y contemporáneas de rendimiento, tales como costos, calidad, servicio y rapidez.

Al emprender la reingeniería de su negocio, el individuo debe hacerse la pregunta básica sobre su compañía y sobre cómo funciona. ¿Por qué estamos haciendo lo que estamos haciendo? ¿Por qué lo hacemos en esa forma? Esas preguntas lo obligan a examinar las reglas tácitas y los supuestos en que descansa el manejo de los negocios. A menudo se trata de reglas anticuadas, equivocadas o inapropiadas.

La segunda palabra clave de la definición de Hammer y Champy (1993) es radical, del latín *radix*, que significa raíz. Rediseñar radicalmente significa llegar hasta la raíz de las cosas: no efectuar cambios superficiales ni tratar de arreglar lo que ya está instalado sino abandonar lo viejo. Al hablar de reingeniería, rediseñar radicalmente significa descartar todas las estructuras y los procedimientos existentes e inventar maneras enteramente nuevas de realizar el trabajo. Rediseñar es reinventar el negocio, no mejorarlo o modificarlo.

La tercera palabra clave es espectacular. La reingeniería no es cuestión de hacer mejoras marginales o incrementales sino de dar saltos gigantescos en rendimiento. La mejora marginal requiere afinación cuidadosa; la mejora espectacular exige volar lo viejo y cambiarlo por algo nuevo.

La cuarta palabra clave es procesos. Es la más importante de las cuatro,

“Definimos un proceso de negocios como un conjunto de actividades que recibe uno o más insumos y crea un producto de valor para el cliente. Ilustramos el proceso cuando hablamos del despacho de pedidos, que recibe un pedido como un insumo y da por resultado la entrega de los

bienes pedidos. En otras palabras, la entrega de dichos bienes en las manos del cliente es el valor que el proceso crea (Hammer y Champy, 1993).

En la reingeniería se dice que, para hacer frente a las demandas contemporáneas de calidad, servicio, flexibilidad y bajo costo, los procesos deben ser sencillos. La necesidad de sencillez produce consecuencias enormes en cuanto a la manera de diseñar los procesos y de darle forma a las organizaciones:

- Varios oficios se combinan en uno.
- Los trabajadores toman decisiones
- Los pasos del proceso se ejecutan en orden natural
- Los procesos tienen múltiples versiones.
- El trabajo se realiza en el sitio razonable.
- Se reducen las verificaciones y los controles.
- La conciliación se minimiza.
- Un gerente de caso ofrece un solo punto de contacto.
- Prevalecen operaciones híbridas centralizadas - descentralizadas.

La corporación vacía de la subcontratación (outsourcing)

Para Urrea (1997), los factores macro que explican y determinan la subcontratación son:

- La globalización y el imperialismo.
- El neoliberalismo y específicamente la desregulación laboral.
- La privatización de empresas públicas.
- La descentralización de las unidades de producción de alta tecnología.
- Los procesos de reestructuración industrial.



En cuanto a las principales características de la subcontratación, Urrea (1997), plantea las siguientes:

- Los cambios profundos en las relaciones laborales, la ausencia del Estado en su regulación y la desregulación y disminución general del nivel de compromiso de los empleadores respecto a los trabajadores.
- Las nuevas contrataciones de personal son siempre de personal más escolarizado y los niveles de selección se elevan regularmente.
- El cambio de los sistemas de remuneración salarial, prestacional y de seguridad social y el descenso continuo de ellos.
- El sometimiento o eliminación de los sindicatos.
- El incremento del empleo independiente, del trabajo a tiempo parcial y del empleo informal.
- La eliminación de la estabilidad laboral y del empleo a vida. Los ciclos de vida de los individuos son desordenados: para los jóvenes el tiempo de inserción profesional se prolonga, para los adultos la vida profesional se vuelve más incierta y discontinua, para los de mayor edad los riesgos de quedar cesantes anticipadamente son cada vez mayores.
- La reducción de los tamaños de planta, la proliferación de los pequeños talleres de producción y el aumento del trabajo en casa.
- La feminización de la nueva fuerza de trabajo industrial.
- El acelerado crecimiento de la producción en pequeños grupos de trabajadores, que a la vez producen a escalas pequeñas o lotes por encargo.
- La descentralización de los procesos productivos y desconcentración de

las actividades en diferentes unidades autónomas.

- La flexibilidad, la polivalencia, la disponibilidad de la fuerza de trabajo y la substitución de los trabajadores altamente calificados.
- La balcanización de los tipos de contratos laborales. Disminución de los contratos de trabajo a término indefinido. Aumento de los contratos de trabajo a término fijo. Surgimiento de contratos interinos y a tiempo parcial, así como de contratos de retorno al empleo y de reconversión laboral. Contratos de trabajo por horas.

La empresa con estructura organizacional fragmentada o “corporación vacía”, según Urrea (1997), se fundamenta en la generación, a partir de la subcontratación, de una nueva división técnica y social de trabajo; esta empresa o fabrica mundial:

- Pone en duda la integración vertical.
- Aísla la fuerza de trabajo.
- Practica el *outsourcing*.
- Niega los sindicatos.
- Elimina la estabilidad laboral.
- Hace el trabajo flexible y “casual”.

En fin, como lo señala Urrea (1997), la subcontratación aparece como el eje constitutivo de la reorganización de las relaciones concurrenciales entre las firmas. Al interior de la organización se da la evaluación de los salarios por méritos y competencias a través de la individualización de las condiciones del salario, y se implantan las diversas formas de administración participativa en la empresa, con el fin de garantizar un mayor compromiso de parte del trabajador.

La gestión del conocimiento y la estructura organizacional que aprende.

“El conocimiento puede definirse como aquella información almacenada en una entidad y que puede ser utilizada por la inteligencia de acuerdo



con ciertos objetivos; sin embargo, a pesar de que los términos información y conocimiento constantemente se utilizan sin ninguna distinción, existen unas claras diferencias entre estos conceptos, que nos lleva a "Pensar en el tipo de conocimiento como una sucesión continua que va de lo explícito a lo tácito", como lo señalan Kogut y Zander (1992).

Nonaka y Takeuchi (1995) plantean que, "un reto clave para las organizaciones es la conversión del conocimiento tácito al conocimiento explícito. El conocimiento que es tácito y altamente personal posee poco valor hasta que pueda ser convertido a conocimiento explícito que otros miembros de la organización puedan compartir"; esto proporciona a los grupos un papel central en los procesos de creación de conocimiento a través del diálogo, la discusión, el intercambio de experiencias y la observación. Según Inkpen y Crossan (1995), en el nivel individual, el proceso crítico es la interpretación; en el nivel de grupo, la integración; y en el nivel de la organización, la integración y la institucionalización, la cual comprende niveles intraorganizacionales e interorganizacionales. El conocimiento interacciona desde el nivel del individuo, pasando por comunidades más amplias y complejas, cruza los límites de las secciones, las áreas funcionales y las divisiones de la firma, así como los propios límites de la firma para ser creado y disseminado

En síntesis, la relación entre la estrategia de gestión del conocimiento y la estructura organizacional conduce a formularse las preguntas: ¿cómo se aprende?, ¿quién aprende? y de lo que se aprende cómo se puede compartir y colocar al servicio de la organización. Surgen entonces diferentes niveles de aprendizaje y de dinámica de conocimientos: individual, grupal e interorganizacional; igualmente, emergen alternativas prácticas en cuanto a la dinámica de compartir conocimientos al interior de la organización tales como: esquemas de

trabajo en grupo, herramientas tecnológicas de gestión de información y gestión de proyectos organizacionales, entre otros aspectos.

La organización virtual: ¿Adiós a las estructuras?

La realidad económica contemporánea impone la adaptación continua de las empresas a factores tales como:

- La globalización de los mercados.
- Los enormes desarrollos de la tecnología de la información (TI), Internet y sus derivados (Intranet, páginas WEB, correo electrónico, los chats), las teleconferencias, las videoconferencias, la comunicación por satélite, etc.
- Las alianzas estratégicas, las adquisiciones y fusiones de empresas.
- Las características cambiantes de la mano de obra.

Una de las respuestas a la presencia simultánea de tales factores, que se observan con mucha fuerza en el siglo XXI, consiste en localizar diversos modos virtuales para la organización del trabajo. Surge entonces el concepto de "organización virtual", que designa al menos tres formas particulares y complementarias de arreglos virtuales (Dubé y Paré, 1999):

- La oficina virtual. Trabajar en cualquier lugar en todo tiempo, representa el nuevo paradigma.
- La cadena de valor virtual. Los procesos de negocios son automatizados y los documentos producidos son transmitidos por vía electrónica.
- La empresa red (*net*). Varios socios comerciales unen transitoriamente recursos humanos, financieros y tecnológicos para la realización de un proyecto.



Surge entonces la pregunta: ¿Qué es lo diferente en la organización y sus estructuras en la era digital? Presentamos a manera de hipótesis, lo siguiente:

- Lo virtual se caracteriza por los enormes desarrollos de las tecnologías de la información y su utilización intensiva en las organizaciones.
- Las relaciones de trabajo entre las personas se mediatizan. Se pasa del “cara a cara” de la organización tradicional a lo “virtual” en las nuevas formas de organización del trabajo.
- La virtualización se extiende también a las relaciones que la organización mantiene con los agentes externos a la organización. Con los proveedores las relaciones de compra son cada vez más virtuales. Con los clientes cobra fuerza el *marketing digital* y las estrategias competitivas de Internet - comercio electrónico, el uso de redes sociales; y con el gobierno ocurre algo similar en la medida que organismos como la DIAN, por ejemplo, adoptan TI de punta para el recaudo de impuestos.
- Una reflexión sobre la forma que adoptan los componentes de la estructura en la organización virtual se impone. ¿Cómo opera la división del trabajo? ¿Qué forma adopta la comunicación? En cuanto a la cultura y subculturas organizacionales, ¿cómo inciden? Y los modos de gestión, ¿qué particularidades adoptan?

Finalmente, pareciera que al tiempo que surge y se consolida la corporación virtual también aparece la organización fantasma, que según Serieux, es aquella que se caracteriza por:

- Cero faltas
- Cero stocks
- Cero defectos
- Cero desperdicios

- Cero personas

Esperamos que no se llegue al cero final, cuando no haya empresas, no existan trabajadores y no se necesiten administradores.

La cuarta revolución industrial y la estructura organizacional posthumana

La cuarta revolución industrial se define conceptualmente como la de las tecnologías convergentes: las tecnologías de la información y la comunicación, ya mencionadas; el uso del Big Data y la analítica de datos; la robótica y la nanotecnología; las biotecnologías; las interfaces cerebro máquina y la visión artificial; la Inteligencia Artificial; el uso del Blockchain y sus aplicaciones; la ciberseguridad, los nuevos materiales, la impresión 3D y las fábricas inteligentes.

Los impactos de estas tecnologías sobre las organizaciones, su administración, la estructura y las estrategias son totalmente disruptivos, como ya se advirtió con los desarrollos de la TICs.

Sostenibilidad y Responsabilidad Social Empresarial : ¿Las organizaciones al servicio de la humanidad?

De estos temas se viene hablando como consecuencia del Informe presentado en el año 1987 por la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Informe Brundtland) en 1992, en la Cumbre de la Tierra organizada por Naciones Unidas en Río de Janeiro en 1992. La Unión Europea (UE) y otras partes signatarias de la Declaración de Río se comprometieron a formular estrategias de sostenibilidad, entendida como “el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades” (Naciones Unidas, 1987); es decir, el desarrollo tiene una dimensión económica, social y medioambiental y el crecimiento sólo será sostenible si se logra el equilibrio entre los distintos factores que influyen en la calidad de vida; por otro lado la generación actual tiene la obligación, frente a las generaciones futuras, de dejar suficientes



recursos sociales, medioambientales y económicos para que puedan disfrutar, al menos, del mismo grado de bienestar que nosotros. En esencia se trata de garantizar una mejor calidad de vida para la población actual y futura.

La implementación de una estrategia de RSE implica para la organización un cambio importante en el modelo de gestión empresarial, para trabajar en alianza estratégica con sus partes interesadas o *stakeholders*: trabajadores, clientes, proveedores, agentes sociales, administraciones territoriales, comunidad donde desarrolla sus operaciones. Uno de los principales aspectos este proceso es el intento de reconciliar el fomento de la competitividad de las organizaciones con el mantenimiento de la cohesión social y el respeto al medio ambiente.

Se considera que una organización es socialmente responsable cuando: "integra los temas sociales y medioambientales en sus operaciones empresariales y en sus interacciones con sus grupos o partes interesadas de forma voluntaria" (Comisión Europea, 2002), en tal sentido, se solicita que de manera progresiva incrementen sus capacidades organizativas, relacionales, de gestión... que faciliten la construcción y el mantenimiento de la competitividad, la cohesión social y el respeto al medio ambiente; en resumen, se solicita que complementen las tareas asignadas tradicionalmente al Estado de Bienestar.

Las organizaciones forman parte de la sociedad y participan, por tanto, de sus necesidades; conocerán el éxito o el fracaso en función de las buenas relaciones que sepan entretejer con sus diferentes grupos de interés.

En consecuencia, las organizaciones deben diseñar y ejecutar sus planes estratégicos y definir estructuras organizacionales corporativas sólidas y eficientes acordes con el concepto de desarrollo sostenible, los ODS y la RSE, de tal manera que se avance por la senda de "Una nueva y arrasadora utopía de la vida, donde nadie pueda decidir por otros hasta la forma de morir, donde de veras sea cierto el amor y sea posible la felicidad, y donde las

estirpes condenadas a cien años de soledad tengan por fin y para siempre una segunda oportunidad sobre la tierra". (Tomado de La soledad de América Latina, de Gabriel García Márquez, Premio Nobel de Literatura 1982.)

Referencias

AKTOUF, O. (1990). Le symbolisme et la culture d'entreprise. In: *L'individu dans l'organisation: les dimensions oubliées*. Montreal, Canada, Gaëtan Morin Éditeur.

AKTOUF, Omar (2009) *La administración: entre tradición y renovación*. Cali: coedición Universidad del Valle, Universidad Libre, Artes Gráficas del Valle, para la cuarta edición en español.

CHANDLER, A. D. Jr. (1962). *Strategy and structure*. Chapters in the history of the American Industrial Enterprise. Cambridge, UK, MIT Press, 463 pp.

CHANLAT, Jean-Francois (1990). Introduction. Vers une anthropologie de l'organisation. L'INDIVIDU. DANS L'ORGANISATION. Éditions Eska. pp 3-32.

CRUZ FRONFLY, Fernando. "Hacia una Redefinición del concepto de Organización". *Cuaderno de Administración* No. 6. Facultad de Ciencias de la Administración. Universidad del Valle. Cali, 1983

EVERETT, M. R., REKHA, A R. (1980). *La comunicación en las organizaciones*. México, D. F., México, McGraw-Hill.

DUBE, L., PARÉ, G. (1999). Les technologies de l'information et l'organisation à l'ère du virtuel. *Gestion*, 24(2), 14-22.

FAYOL, Henry (1916). *Administración industrial y general*, Editorial Edigrama, Bogotá 2003.

GIBSON, IVANCEVICH, DONNELLY (GID, 1983) *Organizaciones. Conducta, estructura, proceso*. México: Interamericana, 1983 para la primera edición en español, pp. 104-111.



- HALL, R. H. (1983). *Organizaciones, estructura y proceso*. Bogotá, Colombia, McGraw Hill, 200 pp.
- HAMMER, M. y CHAMPY, J. (1993). *Reingeniería*. Bogotá: Norma, 1994.
- HOWARD, J., MILLER, L. (1994). *Administración en equipos*. Atlanta, USA, The Miller Consulting Group, Inc.
- INKPEN, A. C., CROSSAN, M. M. (1995). Believing is seeing: Joint ventures and organization learning. *Journal of Management Studies*, 32(5), 595-618.
- JURAN, Joseph, and GRYNA, Frank. Quality Planning and Analysis. New York: Mc Graw Hill. 1970.
- KATZ, D., KAHN, R. L. (1966). *The social psychology of organizing*. New York, USA, John Wiley and Sons, 489 pp.
- KOGUT, B., ZANDER, U. (1992). Knowledge of the firm, combinative capabilities, and the replication of technology. *Organization Science*, 3(3), 383-397. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/2635279>
- MARCH, J. G., SIMON, H. A. (1958). *Organizations*. New York, USA, Wiley.
- MORGAN, Gareth (1986) Imágenes de la organización. México, Alfaomega, 1991.
- Nonaka, I., Takeuchi, H. (1995). *The knowledge-creating company: How Japanese companies create the dynamics of innovation*. New York, USA, Oxford University Press.
- NONAKA, I., TAKEUCHI, H. (1995). *The knowledge-creating company: How Japanese companies create the dynamics of innovation*. New York, USA, Oxford University Press.
- RANSON, S., HININGS, B., GREENWOOD, R. (1980). The structuring of organizational structures. *Administrative Science Quarterly*, 25(1), 1-17. Disponible en: doi: 10.2307/2392223
- ROETHLISBERGER, Fritz Jules and William J. DICKSON. *Management and the worker; an account of a research program conducted by the Western electric company, Hawthorne works*, Chicago, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1939.
- SALAMAN, G. (1980). Classification of organizations and organization structure: The main elements and interrelationships. In: Salaman, G., Thompson, K. (editors). *Control and ideology in organizations*. Cambridge, UK, MIT Press Books.
- SAINSAULIEU, R. (1990). *L'Entreprise, une affaire de société*. Presses de la Fondation nationale des sciences politiques.
- SCHEIN, E.H. (1985). "*Organizational culture and leadership*", San Francisco, Jossey-Bass.
- TAYLOR, Frederick, W (1911) . Principios de la Administración Científica. México, Herrero Hermanos, 1971.
- THEVENET, M. *Audit de la culture d'entreprise*, Paris, Editions d'Organisations, 1986
- Thompson, J. D. (1967). *Organizations in action. Social science bases of administrative theory*. New York, USA, McGraw Hill.
- ULRICH, H. (1983). *Principios de estrategia empresarial*. Buenos Aires: El Ateneo, 303 pp.
- URREA, Fernando (1997). *La lógica de la subcontratación en las relaciones laborales contemporáneas: el revivalismo del capitalismo "salvaje" o desregulado, vía la "flexibilización" de los procesos de trabajo en un contexto de mundialización de las economías*. Cali, Colombia, Universidad del Valle.
- WEBER, Max. Economía y Sociedad. México: Fondo de Cultura Económica, 1984.

Cohetes tipo sonda con fines científicos, tecnológicos y militares: una oportunidad para su desarrollo en la EMAVI-FAC



Industrias 4.0

Cohetes tipo sonda con fines científicos, tecnológicos y militares: una oportunidad para su desarrollo en la EMAVI-FAC

Rafael Andres Robayo-Salazar, Ph.D.

Doctor en Ingeniería, Investigador del Programa de Ingeniería Mecánica (PIMEC) - Grupo de Investigación en Estudios Aeroespaciales (GIEA), Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suarez" - Fuerza Aérea Colombiana.

Correo-e: rarobayos@emavirtual.edu.co

Resumen.

Los cohetes de sondeo se pueden definir como pequeños cohetes que portan instrumentos y que están diseñados para la investigación. Contrario a los vehículos de lanzamiento, los cohetes tipo sonda no entran en órbita y generalmente su vuelo realiza una trayectoria parabólica, describiendo un vuelo sub-orbital. Entre los campos de aplicación de los cohetes sonda se encuentran: la Bio-meteorología, Foto-biología atmosférica preventiva, Aero-biología epidemiológica, Medicina aeroespacial, Control biológico de cultivos y asentamientos ilegales, Monitoreo de contaminación, Mejoramiento de las telecomunicaciones y la Colocación en posiciones sub-orbitales de nano y pico-satélites, entre otras. En efecto, las aplicaciones en el campo de la cohetería están orientadas a monitorear, recopilar, intercambiar, analizar y proporcionar nuevos conocimientos y datos valiosos a partir de la integración de tecnologías convergentes, que a su vez permitan introducir modificaciones significativas en la calidad de vida, medio ambiente, nivel de desempeño, resultados sociales y productividad del país; propósitos que se alinean con los de la denominada "Industria 4.0". Además del aporte a la ciencia y tecnología, los cohetes tipo sonda proporcionan herramientas invaluable para la formación académica y científica, reconociéndose como una oportunidad para su desarrollo en la Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suarez" (EMAVI) de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC), con un alto nivel de novedad e impacto institucional en los ámbitos aéreo, espacial militar y de defensa.

Palabras clave: industria 4.0, tecnologías convergentes, industria aeroespacial, cohetes tipo sonda.

Abstract.

Sounding rockets are defined as small rockets which incorporate instruments used for researching activities. These rockets are not used as launch vehicles and don't orbit around the earth. Generally their flight has a parabolical trajectory which describes a sub-orbital flight. Sounding rockets are used for researching activities in several fields such as: Bio-meteorology, Preventive atmospheric photo-biology, epidemiological aero-biology, Aerospace medicine, Biological control of crops and control of illegal settlements, pollution



monitoring, support, telecommunication support and positioning of pico satellites and nano satellites in sub orbital trajectories. The data and information obtained by probe rocketry are oriented to generate knowledge and promote the use of convergent technologies in order to improve life quality, environmental aspects, social aspects or productivity of a country. These purposes are according to the current trend Industry 4.0 or fourth industrial revolution. Besides their contribution in technological and scientific fields sounding rockets are important in educational and academical activities. Therefore an opportunity for sounding rockets development was recognized in Military Aviation School "Marco Fidel Suarez" of Colombian Air Force. This new development will have an important influence on aeronautical, spatial, military and defensive fields.

Key words: Industry 4.0, convergent technologies, aerospace industry, probe rockets.

1 Introducción

La Cuarta Revolución Industrial o también denominada "Industria 4.0" se integra de tecnologías convergentes desarrolladas a partir de la correlación de diferentes sistemas que evolucionan hacia objetivos similares. Se espera que la integración e investigación en tecnologías convergentes, conocidas también como el clúster NBIC (nanotecnología-biotecnología-informática-ciencias cognitivas), permita introducir modificaciones significativas en la calidad de vida, impacto ambiental, nivel de desempeño, resultados sociales y productividad de la humanidad (Roco & Bainbridge, 2003).

Las tecnologías convergentes han sido punto clave de la política pública de diversos países en la medida en que se ha identificado su potencial como motor de desarrollo económico y de liderazgo científico. Esta nueva revolución tecnológica toma cada vez mayor importancia, generando variables de impacto específico que determinarán el éxito y la competitividad de los sectores a través de las tecnologías de la información y las comunicaciones, principalmente. Los países deberán estar innovando continuamente, creando nuevos procesos para elevar su productividad y nuevos productos para desarrollar y profundizar sus nichos de mercado (Vuksanovi, Ugarak, & Korok, 2016).

En este sentido, la Fuerza Aérea Colombiana (FAC), en cumplimiento del Plan Estratégico Institucional 2011-2030 (FAC, 2018) y teniendo como propósito el logro de su misión institucional, actualizada mediante la disposición 026 del 22 de julio de 2019 como: "*Volar, entrenar y combatir para vencer y dominar en el aire, el espacio y el ciberespacio, en defensa de la soberanía, la independencia, la integridad territorial, el orden constitucional y contribuir a los fines del Estado*", y al mismo tiempo el cumplimiento de su visión: "*Para ejercer el dominio en el aire, el espacio y el ciberespacio, la Fuerza Aérea será innovadora, polivalente, interoperable, líder y preferente regional, con alcance global y con capacidades disuasivas reales, permanentes y sostenibles*", se enfrenta permanentemente a la necesidad de desarrollar múltiples aplicaciones tecnológicas con un alto nivel de novedad en los ámbitos aéreo, espacial militar y de defensa.

Al respecto, es una necesidad para la FAC proyectar estrategias que le permitan lograr una autonomía y ventaja operacional, lo que significa desarrollar capacidades propias y dinámicas, a través de la investigación, en áreas del conocimiento tales como la tecnología satelital y el campo de la coherencia, que a su vez le permitan enfrentar las necesidades institucionales y liderar el poder aeroespacial con poca dependencia tecnológica externa, aportando al desarrollo y posicionamiento del país como un referente de este campo a nivel regional.



En este sentido, el desarrollo de capacidades que permitan diseñar y construir cohetes en Colombia ofrece ciertas ventajas operacionales, debido a que pueden ser lanzados desde sitios temporales en todo el territorio nacional, pueden utilizarse para estudios de campo remotos, asimismo, se los puede emplear con el fin de desarrollar y poner a prueba nuevos instrumentos científicos de medición y observación, cuyo uso puede contribuir y apoyar misiones orbitales como el lanzamiento y puesta en órbita de nano y pico-satélites al servicio de las tecnologías de la información y las comunicaciones del país.

En efecto, la Industria 4.0 se centra en sistemas que permitan monitorear, recopilar, intercambiar, analizar y proporcionar nuevos conocimientos y datos valiosos a partir de la integración de nuevas tecnologías a los procesos productivos y a las cadenas de suministro, por lo que la investigación en el campo aeroespacial ayudaría a mejorar los procesos de toma de decisiones y la competitividad del sector productivo en general.

Al respecto, la FAC lanzó en el mes de noviembre de 2018 su primer nano satélite (Fig. 1), el FACSAT-1 de formato Cubesat 3U (30x10x10 cm) (4 kg), desarrollado en Dinamarca bajo un convenio de transferencia tecnológica entre la Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez" (EMAVI) y la empresa danesa GOMSPACE. Este nano satélite orbita a unos 505 km, completando una vuelta alrededor del planeta en aproximadamente 90 minutos y está destinado a la observación terrestre al contar con una cámara de 30 metros por pixel de resolución, aportando suministro garantizado de datos de detección remota para una amplia gama de aplicaciones, entrenamiento y desarrollo de capacidades en ciencia y tecnología; destacándose la cartografía, inteligencia estratégica, control de la seguridad nacional y estudios científicos. Articulado con entidades del estado como el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) tiene la posibilidad de brindar información y registros de aspectos meteorológicos, y con otras autoridades permite el seguimiento y control

de actividades como la minería ilegal, cultivos ilícitos y la deforestación en zonas críticas del país. Cabe destacar que el centro de control (Estación Terrena) del FACSAT-1 está ubicado en la EMAVI bajo el liderazgo de oficiales y cadetes de la FAC, docentes e investigadores.

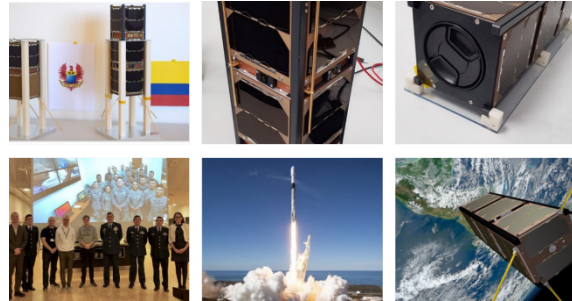


Figura 1. Proyecto nano satélite FACSAT-1 de la Fuerza Aérea Colombiana. Fuente: (GomSpace, 2018).

La vida útil del FACSAT-1 está proyectada entre 3 y 5 años, razón por la cual la FAC espera lanzar posteriormente el FACSAT-2, una versión dos veces más grande, que contará con un sistema de observación y comunicación más preciso, además de estar equipado con una cámara de mayor capacidad y resolución. Así mismo, se proyecta una tercera etapa con la fabricación del FACSAT-3, fase en la cual se piensan lanzar varios satélites y crear una red satelital que garantice autonomía total a las necesidades del país y específicamente de la FAC. El FACSAT-1 fue lanzado desde el Satish Dhawan Space Centre (SDSC) de India a bordo de un cohete PSLV C-43 de la Indian Space Research Organization (ISRO). Al respecto, la FAC le apuesta a desarrollar y construir cohetes para el lanzamiento de este tipo de nano satélites utilizando el potencial de la tecnología nacional, contribuyendo de esta forma al posicionamiento de la industria aeroespacial colombiana en la región (Latinoamérica) y su autonomía en el futuro inmediato.

Los cohetes utilizados a nivel mundial para el desarrollo de este tipo de programas de exploración espacial son los cohetes tipo sonda o de sondeo,



siendo estos la primera etapa de desarrollo para futuros cohetes portadores espaciales con capacidades de posicionar satélites en órbita alrededor de la Tierra. Un primer paso para el desarrollo espacial de Colombia, en el área de vehículos lanzadores de satélites, es el fomento de proyectos de investigación dirigidos al diseño y construcción de prototipos de cohetes sonda y sistemas de propulsión, cuyas misiones sean experimentales. Este tipo de desarrollos han sido implementados por diversos países referentes a nivel mundial, tales como; Estados Unidos, Rusia, Francia, Japón, China, India, entre otros, permitiendo avances significativos para estas naciones en los ámbitos científicos, tecnológicos y militares.

En este sentido, este artículo enfatiza que el desarrollo de proyectos de investigación enfocados en el diseño y construcción de cohetes tipo sonda es fundamental para que Colombia pueda iniciar y fortalecer su carrera aeroespacial y así generar autonomía en el campo en mención con respecto a países que ya han iniciado su desarrollo en el campo aeroespacial, incluso a nivel latinoamericano tal y como es el caso de Brasil, Argentina y Perú.

2 Cohetes tipo sonda

Un cohete de sondeo o tipo sonda se puede definir como un pequeño cohete que porta instrumentos y que está diseñado para la investigación, como tomar medidas y realizar experimentos científicos durante un vuelo sub-orbital. Un cohete sonda, contrario de un vehículo de lanzamiento, no entra en órbita y generalmente su vuelo realiza una trayectoria parabólica describiendo un vuelo suborbital. Los cohetes sonda son utilizados para transportar instrumentos desde los 10-50 kilómetros (estratosfera) hasta los 1500 km sobre la superficie de la tierra (exosfera); generalmente la altitud entre los globos meteorológicos y los satélites, regiones importantes del espacio que son “demasiado bajas” para ser muestreadas por satélites. Un cohete sonda común consiste en un motor cohete de combustible sólido y una carga útil científica (también llamada carga paga). La parte

del vuelo en caída libre es una trayectoria elíptica con el eje mayor vertical, que permite a la carga útil parecer estar suspendida cerca de su apogeo. La media del tiempo de vuelo es por lo general entre cinco y veinte minutos, dependiendo de la misión. El cohete consume su combustible en la primera etapa de la parte ascendente del vuelo, y a continuación se separa y cae, dejando a la carga útil para completar el arco y volver al suelo con un sistema de recuperación (tipo paracaídas, por ejemplo) (NASA, 2005).

Los cohetes sonda son considerados por la NASA (NASA, 2019) como una oportunidad única de investigación científica. Debido a que la carga útil no entra en órbita, las misiones de los cohetes sonda no necesitan refuerzos costosos o telemetría extendida y cobertura de rastreo. Como resultado, los costos de la misión son sustancialmente menores que los requeridos para las misiones de orbitadores. Además, debido a que su diseño y construcción se puede llevar a cabo en una ubicación central (por ejemplo, en la EMAVI de la FAC), es posible lograr ahorros significativos a través de operaciones eficientes y la fabricación de componentes (sistemas y sub-sistemas) o piezas basados en tecnologías locales. Los costos también son reducidos debido a la aceptación de un mayor grado de riesgo en la misión (en comparación con las misiones orbitales), aunque la seguridad nunca se ve comprometida. En algunos casos (como casi todas las misiones de astronomía, planetarias, solares y de microgravedad), las cargas útiles se recuperan, lo que significa que los costos del experimento y los subsistemas se pueden distribuir en muchas misiones, logrando que solo se modifique el experimento proporcionado por el equipo investigador o científico.

Entre los campos de aplicación de los cohetes sonda se han reportado los siguientes (Marcado et al., 2009):

- **Bio-meteorología:** Estudio de perfiles de gases, temperatura, humedad, radiación y presión para el conocimiento de las condiciones ambientales correspondientes al



medio de propagación de microorganismos patógenos.

- **Fotobiología atmosférica preventiva:** Estudio de las variaciones con la altura de la intensidad de la radiación UVB y UVA y de las concentraciones de ozono.
- **Aerobiología epidemiológica:** Estudio de la composición, ciclos de reproducción, endemismo, rutas de propagación y patogenicidad de microorganismos atmosféricos, utilizando técnicas de ecología molecular microbianas.
- **Medicina aeroespacial:** Estudio de los efectos de la hipergravedad sobre el sistema nervioso central utilizando animales, lo cual contribuye con el conocimiento de la fisiología del vuelo tripulado en aviones supersónicos.
- **Control biológico de cultivos y asentamientos ilegales:** Diseminación de bacterias y hongos en zonas de cultivos ilícitos (marihuana, coca y amapola) u otros con la finalidad de afectar el crecimiento y desarrollo de dichas plantas.
- **Monitoreo de contaminación:** Muestreo y análisis de aerosoles troposféricos y del aire para prevenir problemas de contaminación que afecten la salud humana generados por la actividad industrial o agrícola, y en caso de conflicto que imponga el uso de sustancias tóxicas por grupos invasores que puedan afectar la salud de la población.
- **Mejoramiento de las telecomunicaciones:** Obtención de perfiles periódicos de vapor de agua que facilite la precisa calibración de antenas de transmisión de radio, TV y telefonía móvil.

- **Colocación en posiciones suborbitales y orbitales de nano y pico-satélites:** Posicionamiento de satélites modulares de órbita baja y circular para observación de la Tierra, monitoreo ambiental, rastreo del espacio aéreo y ultraterrestre suprayacente con fines de seguridad y defensa.

Destacando que todas las aplicaciones anteriormente descritas se enmarcan dentro de las cuatro grandes áreas: Salud, Telecomunicaciones, Ambiente y Seguridad y Defensa.

Un cohete tipo sonda se puede representar como una estructura integrada por 6 componentes o sistemas, los cuales corresponden a: 1) Ojiva, 2) Fuselaje (cuerpo y estructura), 3) Sistema de recuperación, 4) Instrumentos y carga útil, 5) Motor cohete (cámara de combustión, propelente y tobera) y 6) Sistemas de control de vuelo (aletas) (Martínez, 2014). En efecto, la Fig. 2 ilustra la estructura general y componentes típicos de un cohete sonda.

Aunque la Fig. 2 resume la estructura genérica de un cohete tipo sonda, cada uno de estos componentes (sistemas) está integrado por varios sub-sistemas, que en conjunto garantizan su funcionamiento y el cumplimiento de la misión (Bandeccchi, Melton, & Ongaro, 1999). En resumen, la ojiva es la punta del cohete y su geometría o estructura tiene numerosas opciones y es el elemento que más afecta a la resistencia y diseño aerodinámico, pudiendo aprovecharse para transportar sistemas en su interior. El fuselaje (cuerpo y estructura) puede ser un cilindro o tener secciones variables, según las necesidades, y estar fabricado en material compuesto o metálico (por lo general aluminio). A su vez puede ser una única pieza o estar formado por módulos o secciones y disponer o no de una estructura interna de cuadernas y largueros.



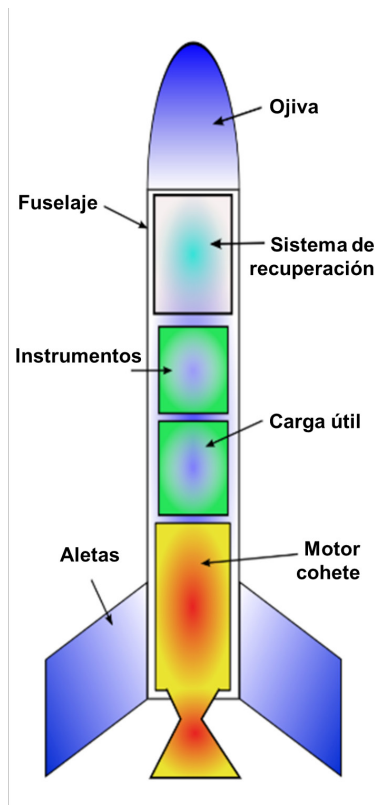


Figura 2. Estructura de un cohete tipo sonda.
Fuente: adaptado de (Martínez, 2014).

El motor cohete es un motor de combustión interna que no toma del exterior los gases que debe acelerar para generar el empuje, sino que tiene todo lo necesario en su interior, es decir, se trata de sistemas autónomos, que no dependen del medio que los rodea. Dentro de los tipos de motor cohete comúnmente utilizados se destacan los químicos, los cuales aprovechan la reacción química de distintos compuestos de forma que se generan gases de alta temperatura que son acelerados en una boquilla o tobera. A la mezcla de los compuestos químicos se le llama propelente y este tipo de motores se les clasifica según el estado físico del mismo en; propelente líquido, propelente sólido, propelente gaseoso y propelente híbrido (Martínez, 2014). Dentro de estos tipos, los propelentes químicos de tipo sólido son considerados los de mayor relevancia para el desarrollo de misiones experimentales en Colombia (Cubides, 2015). Estos motores cohete

están compuestos por el propelente (o combustible) sólido, la cámara de combustión y la boquilla de escape o tobera. En efecto, el motor cohete es considerado el componente más importante a la hora de diseñar y construir un cohete tipo sonda y las razones son apenas lógicas, es el sistema responsable del empuje y/o propulsión del cohete, y de su eficiencia o desempeño depende en gran medida que el apogeo se garantice y por ende que la misión sea exitosa (Suton & Biblarz, 2010).

Por su parte, las aletas son piezas de bajo espesor que otorgan estabilidad al cohete durante su fase de despegue y apogeo. Entre los otros sistemas que es necesario incorporar se distinguen las cámaras de carga útil e instrumentación, así como también los sistemas de aislamiento y sistema propio de recuperación. Dentro de la cámara de instrumentación deben ir los equipos que permiten la recolección y transmisión de los datos durante la misión (altímetro, acelerómetros, etc.), situar la posición del cohete (sistema GPS) y otros en función del propósito del vuelo. Finalmente, en la cámara de carga, se introducen los posibles equipos, instrumentos o experimentos a transportar.

3 Panorama internacional

En general, los Estados Unidos de América, Rusia, China, Canadá, países de la Unión Europea, India y Japón, entre otras potencias, han sido los líderes mundiales en el desarrollo de misiones aeroespaciales, e inclusive estos mismos han sido los involucrados en lo que se ha denominado la “carrera aeroespacial”. No obstante, la importancia de la industria aeroespacial y su contribución en el fortalecimiento de los sectores productivos en países en vía de desarrollo es cada vez más evidente. Respecto al desarrollo de este tipo de proyectos a nivel latinoamericano se destacan las experiencias reportadas por países como Argentina, Perú y Brasil (Robledo, 2012). En donde las contribuciones más importantes fueron desarrolladas entre instituciones académicas y las fuerzas militares, siendo estos países claros ejemplos de que en Latinoamérica se pueden generar avances importantes en esta industria, partiendo del fomento de desarrollos



en el campo de la cohería con fines científicos, experimentales y militares.

A pesar de los problemas económicos, inflación y deuda externa que han atravesado desde hace varias décadas los países latinoamericanos, ellos han sabido cosechar grandes logros en el campo de la cohería, que incluyen el diseño y el lanzamiento de cohetes y la puesta en órbita de satélites a partir del trabajo coordinado del Estado, la Aviación Militar y de las Universidades. Tal es el caso, por ejemplo, de los cohetes CENTAURO (ALFA, BETA y GAMMA), ORIÓN, CANOPUS, RIGEL, CASTOR, CÓNDOR I y II y satélites SAC argentinos; los cohetes SONDA I, II, III y IV y VLS y satélites SCD, SSR y SACI brasileños; los satélites FASAT-ALPHA (1995) y FASAT-BRAVO (1998) chilenos; los satélites MORELOS (1985), UNAM I (1995) y UNAM II (1996) mexicanos; el satélite CONIDASAT (2003) y del cohete sonda PAULET-1 (2006) peruanos y el pico-satélite LIBERTADOR I (2007) y el nano-satélite FACSAT-1 (2018) colombianos, entre otros. Estos esfuerzos han sido orientados principalmente para investigaciones concernientes a la observación de recursos naturales, quemas, inundaciones, desastres naturales, vigilancia fronteriza, aeropuertos clandestinos, prospección geológica, aerobiología, investigaciones de la ionosfera y de la capa de ozono, cambio climático, aerosoles atmosféricos, meteoritos y telecomunicaciones, entre otros (Sarli, Cabero, Lopez, Cardoso, & Jimenez, 2015) (Marcado et al., 2009).

En este sentido, es importante reconocer los avances en materia de tecnología aeroespacial que se han realizado en la región, ya que de estos Colombia puede tomar ejemplo, e integrarse en la búsqueda del liderazgo aeroespacial, proporcionando aportes en gran magnitud en diversos campos de interés nacional. Lo que es importante ahora es promover la financiación y ejecución de proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) enfocados en el campo aeroespacial, y específicamente en el aérea de la cohería experimental, con el fin de adquirir

las capacidades propias y establecer las bases para el desarrollo de misiones aeroespaciales con poca dependencia tecnológica externa como las que proyecta la FAC en Colombia por medio del lanzamiento continuo de nano satélites como el FACSAT-1. A continuación se presentan los principales avances y logros alcanzados por parte de los países latinoamericanos referentes.

3.1 Caso Argentina

La actividad espacial Argentina inicio aproximadamente en los años 40's con la creación de la división de proyectos especiales en el Instituto Aerotécnico (IA) y el Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas de las Fuerzas Armadas Argentinas (CITEFA), realizando la construcción del motor cohete TABANO de combustible líquido AN-1. Posteriormente, con la creación de la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales (CNIE) de la Fuerza Aérea Argentina se desarrollaron los primeros proyectos en el campo de cohería, como el ALFA CENTAURO APEX-M6 lanzado en 1961, propulsado por pólvora bibásica, y las posteriores fases ALFA, BETA y GAMA lanzadas en el periodo comprendido entre 1961 y 1965, con un alcance de 20 km y una carga útil de 3.3 kg. Posteriormente, Argentina tomo como iniciativa la creación de una red interamericana de estaciones de cohetes meteorológicos para estudios en la alta atmosfera entre 30 y 60 km de altura, idea formalizada en participación de la NASA, la CNIE Argentina y la CNAE Brasil (Comissão Nacional de Atividades Espaciais), dando como resultado la creación de EXAMETNET (Experimental Interamerican Meteorological Rocket Network), lanzando en 1966 cohetes nombrados JUDI en el marco de este proyecto. Entre 1966-1967 Argentina lanzó los cohetes CANOPUS y ORIÓN II, construidos utilizando combustibles de poliuretano, con apogeos de 100 y 114 km de altura, respectivamente, logrando el cumplimiento de su primer proyecto suborbital. En 1969 la Fuerza Aérea Argentina con técnicos y científicos de la Universidad Nacional de Tucumán efectuaron el lanzamiento del RIGEL 04 de dos etapas donde viajó a bordo un mono caí



misionero, el lanzamiento fue exitoso, y alcanza una altura de 60 km durante un tiempo de 8 min. En 1970 el cohete CASTOR realiza un gran logro en la historia espacial Argentina, alcanzando una altura de 500 km. Posteriormente, con la realización de los cohetes ANTARES y TAURO en 1977, propulsados a base de cloruro polivinílico, se logró llevar en 1981 una carga de 100 kg a una altura de 160 km (Parczewski's, 2010b; Robledo, 2012).

En 1979 se inició el "Plan de Satelización" destinado a elaborar un motor con propulsor sólido con el objetivo de desarrollar un sistema de control y un cohete de dos etapas con la posibilidad de llevar una carga útil de 400 kg a 550 km de altura; y finalmente, la construcción de un vehículo lanzador modular que lograría colocar una carga útil de 200 kg en órbitas bajas, objetivo que debería lograrse en 1990. El proyecto más ambicioso fue el CONDOR II, con participación de Alemania, Irak y Egipto, tratándose de un misil diseñado para llevar una carga útil de media tonelada y recorrer una trayectoria de 1000 km, innovando en la utilización de combustibles compuestos, sistemas de control inercial-aerodinámico, por medio de aletas. Pero el misil fue desmantelado y sus planos destruidos por orden del presidente Carlos Menem, producto de la presión de los Estados Unidos de América. En 1994 se crea en Argentina el Decreto 2076/94 que promulga "el plan espacial Argentina en el espacio 1995-2006", enfocado en el desarrollo de satélites para aplicaciones científicas (SAC) y logra resultados en proyectos como el satélite VICTOR I, satélite SAC-B y el satélite SAC-C. Este plan fue actualizado para 2004-2015, contemplando el desarrollo espacial de Argentina en la realización de estaciones terrenas en Tierra de Fuego y el sector Antártico, y la realización de misiones satélites: satélite SAC-D (AQUARIUS), satélite SAC-E (SABIA) y el satélite SACOM I (Parczewski's, 2010b; Robledo, 2012).

En 2007 fue lanzado el satélite PEHUENSAT-1, a bordo del cohete PSLVC-7 de la ISRO (Indian Space Research Organization), producto de 5 años de investigación de profesores y estudiantes de la

Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Comahue, la Asociación Argentina de Tecnología Espacial (AATE) y la AMSAT Argentina; el satélite aún está en órbita. En el plan nacional 2004-2015, Argentina estableció el proyecto TRONADOR que consistió en el desarrollo de un cohete sonda de varias etapas basado en un motor de combustible líquido a cargo de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) en convenio con la Asociación de Investigaciones Tecnológicas - Instituto Universitario Aeronáutico de la Fuerza Aérea Argentina. En 2007 se empezó a lanzar la primera serie del cohete TRONADOR, hubo dos ensayos, pero solo el segundo tuvo éxito. Este fue lanzado en 2008 con una carga útil de 4 kg y un peso total de 60 kg con una fuerza de empuje total de 550 kgf utilizando anilina como combustible y ácido nítrico como oxidante, obteniéndose un rango de 20 km y un apogeo de 12 km (Robledo, 2012). Tiempo después, la CONAE puso en órbita en el 2011 un satélite desarrollado y manufacturado en el país (Argentina), se lo denominó SAC-D, con la finalidad de medir vientos, temperatura superficial de los mares, humedad y focos de temperatura en los suelos, siendo parte del Plan Nacional Espacial (2004-2015). Este lanzamiento fue realizado por la NASA mediante el cohete DELTA II. En 2011 fue propulsado el vector GRADICOM II con combustible, diseño, telemetría y electrónica producidos en Argentina producto del trabajo multidisciplinario de Institutos de Investigación, Universidades y Militares. El vehículo alcanza una altura de 100 km, siendo el próximo reto del Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITADEF), superar el apogeo del GRADICOM II (Parczewski's, 2010b).

El Ministerio de Defensa Argentino lanzó en 2013 el cohete sonda EXPERIENCIA CENTENARIO, tratándose de un desarrollo totalmente local, concretado por Fuerza Aérea Argentina, Fabricaciones Militares, CITEDEF, Universidad Nacional del Comahue, Universidad Nacional de La Plata y Universidad Tecnológica Nacional, en cuyo desarrollo trabajaron 150 técnicos para realizar el proyecto. El cohete llevó a cabo experimentos para



meteorología, además de aceleración y vibraciones en el vuelo. Tras el gobierno de la presidenta Cristina Fernández, en 2014 se lanzó el ARSAT 1, el primer satélite geoestacionario argentino, que pasará a brindar servicios de comunicaciones a Argentina, Chile, Uruguay y Paraguay. El cohete ARIANNE 5 dejó al satélite a 300 km sobre el nivel del mar (Parczewski's, 2010b). En referencia a lo anterior, los avances tecnológicos aeroespaciales en Argentina están asociados a fines experimentales, lo que ha permitido el avance en el área de la cohetaría científica y militar, además de establecer convenios entre instituciones dentro y fuera del país, como de agencias espaciales de distintas partes del mundo. Lo que demuestra que la industria aeroespacial Argentina, es una de las sobresalientes en Latinoamérica (Parczewski's, 2010a).

3.2 Caso Perú

Entre los países latinoamericanos que ocupan un lugar especial en el desarrollo de actividades aeroespaciales se reconoce a Perú, ya que el país fue el hogar del científico Pedro Paulet, aquel que inventara el primer motor cohete de combustible líquido en el mundo hacia el año 1895, y el primer sistema moderno de propulsión de cohetes en 1900. Eventualmente, Paulet pasaría a fundar la Liga Nacional de Aviación del Perú, precursora de la Fuerza Aérea Peruana. Aunque en la era moderna las actividades espaciales peruanas partirían de la década de 1970, cuando por razones estratégicas, Perú se encaminó en la búsqueda de adquirir misiles balísticos. Posteriormente, en 1975 participó con la NASA en el proyecto Antarqui con fines experimentales. En Perú, la Comisión Nacional para la Investigación y el Desarrollo Aeroespacial (CONIDA), entidad adscrita al Ministerio de Defensa, es la encargada de dirigir las actividades espaciales. Dentro de sus logros más importantes se encuentran los cohetes del tipo Paulet 1B, contruidos con tecnología peruana y lanzados desde el Centro de Lanzamiento de Punta Lobos, con capacidad de alcanzar la estratosfera (Sarli et al., 2015).

Construido por Airbus Defense and Space y lanzado desde el puerto espacial de Kourou en la Guayana Francesa en el 2014, el PERUSAT-1 es el satélite de mayor importancia para el país, con un costo total de US\$188 millones, incluye la construcción del Centro Nacional de Operaciones de Imágenes Satelitales (CNOIS). La utilidad del PERUSAT-1, cuya vida útil se estima en 10 años, pretende reflejarse para el país en áreas como la minería y la agricultura, así como en aplicaciones específicas para el catastro, control de la tala ilegal, narcotráfico, previsión de desastres naturales, deforestación y ubicación de derrames de petróleo, entre otras (Roman-gonzalez & Vargas-cuentas, 2015).

Perú ha desarrollado cuatro misiones utilizando pequeños satélites. Dos de ellas corresponden al PUCP-Sat 1 y el Pocket-PUCP, llevadas a cabo por parte del Instituto Peruano de Radioastronomía de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) y puestos en órbita en 2013 desde el cosmódromo de Baikonur. Otra misión corresponde al nanosatélite Chasqui, implementada por la Universidad Nacional de Ingeniería y puesto en órbita en 2014 desde la ISS para fines de observación de la Tierra. Una última misión corresponde a la del nanosatélite UAP SAT-1, desarrollado por la Universidad Alas Peruanas y puesto en órbita por la NASA en 2014 (Sarli et al., 2015).

Cabe resaltar que Perú emitió en 2009 su primera política espacial nacional, en la que las actividades espaciales se identificaban oficialmente como un instrumento orientado exclusivamente al desarrollo sostenible. En efecto, la política espacial del Perú reconoce directamente la relación entre el desarrollo y las actividades espaciales, señalando el beneficioso efecto que los programas espaciales pueden tener en términos de soberanía, poder político, económico y de capacidades militares, además de numerosas ventajas socioeconómicas, incluida la investigación del cambio climático global (Calderón, Valbuena, Corredor, & Zorrilla, 2019).



3.3 Caso Brasil

Desde 1961 hasta el año de 1994 los militares dirigieron la mayor parte de las actividades del programa espacial brasileiro a través del Ministerio de Aeronáutica, el cual estaba a cargo del Comando de Tecnología Aeroespacial (CTA). El CTA, creado en 1950, se encargaba de la investigación y el desarrollo de los programas aeroespaciales de la Fuerza Aérea Brasileña (FAB). En 1965, la FAB creó el Instituto de Actividades Espaciales (IAE), uno de las muchas instituciones de la CTA, para desarrollar cohetes. Se estima que desde la creación de la IAE se han probado más de 2000 cohetes. En 1971, se estableció un comité cívico-militar denominado Comisión Brasileña de Actividades Espaciales (COABE), que fue controlada por el Consejo de Seguridad Nacional (CSN). COABE estaba presidida por el estado mayor de las fuerzas armadas (EMFA) y se ocupaba de la Misión Espacial Completa Brasileña (MECB), creada en 1981 para coordinar el lanzamiento de vehículos, sitios de lanzamiento y la fabricación de satélites. En un intento por construir un vehículo lanzador de satélites (VLS), Brasil ha desarrollado desde 1964 una serie de cohetes denominados SONDA I, II, III y IV. El lanzamiento de los primeros cohetes sonda se probó desde el Centro de Lanzamiento da Barrera del Infierno, cerca de la ciudad de Natal. El cohete SONDA I fue desarrollado para el transporte de cargas útiles científicas y tecnológicas de 4,5 kg. La evolución del cohete SONDA I se efectuó con el lanzamiento del cohete mono etapa SONDA II, el cual innovó en su masa, nuevos propelentes, alcance, nuevas protecciones térmicas y una electrónica más moderna con relación a su versión anterior (SONDA I). El SONDA II transportó una carga útil de 70 kg. El desarrollo del SONDA III, el cual utilizó propelente sólido, fue capaz de transportar cargas útiles científicas y tecnológicas de hasta 150 kg, recibiendo por primera vez sistemas de instrumentación completos: de separación de etapas, de ignición para la segunda etapa, de tele destrucción, de control de altitud de los tres ejes de carga útil, de recuperación de carga en el mar, además de muchos dispositivos electrónicos. Los

cohetes SONDA I, II y III lograron un apogeo de 70, 100 y 650 km, respectivamente (Robledo, 2012) (Garcia et al., 2011).

Producto de estos desarrollos, Brasil se posicionó como el tercer país, después de los Estados Unidos y Canadá, en tener una estación operacional para recibir imágenes satelitales; en efecto, se desarrollaron cohetes equipados con sistemas de pilotaje automático, que condujeron al desarrollo del cohete SONDA IV. El cohete SONDA IV fue probado exitosamente en 1989 utilizando propelente sólido y fue proyectado con el fin de obtener el dominio de las tecnologías indispensables para el desarrollo del vehículo lanzador de satélites VLS, alcanzando un apogeo de 1000 km con una carga útil de 500 kg. Lanzamientos posteriores se realizaron desde el centro de lanzamiento de Alcántara, (CLA) en Maranhão. El CLA fue establecido oficialmente en 1990 con un coste de 470 millones de dólares. Es el centro espacial más cercano a la línea ecuatorial (2,3 grados al sur del ecuador), lo que lo hace especialmente atractivo para lanzamiento de satélites geoestacionarios debido a que la cercanía al ecuador permite ahorrar hasta un 25% de propelente con respecto a un lanzamiento desde Cabo Cañaveral (Robledo, 2012) (Harvey, Smid, & Pirard, 2012).

En 1993, Brasil lanzó el primer Satélite de Recolección de Datos SCD-1, completamente desarrollado con tecnología brasileira, para recoger datos sobre el medio ambiente. El SCD-1 es considerado algunas veces como el satélite "verde", y lo usan las agencias del Instituto Nacional de Investigación Espacial (INPE). Tanto el SCD-1 como el SCD-2, este último lanzado en 1998, se pusieron en órbita usando cohetes PEGASUS de fabricación estadounidense. En 1988, Brasil firmó un acuerdo con China para el desarrollo conjunto entre el INPE y la Agencia Espacial China (AEC) de dos satélites para fotografiar la tierra que serían lanzados usando cohetes larga marcha de fabricación China desde el Centro Espacial de Xichang. Los satélites de observación en alta resolución fueron denominados Satélite Chino-Brasileño de Recursos Terrestres



(CBERS) y recogerían datos sobre el planeta que serían usados para la agricultura, la geología, hidrología y el medio ambiente. El acuerdo chino-brasileño no se activó hasta 1991 debido a que Brasil carecía de fondos. En 1994 Brasil y China firmaron unos acuerdos adicionales para la construcción de satélites por un valor de 150.000 millones de dólares. El CBERS-1 se programó para ser lanzado en mayo de 1997 (Robledo, 2012) (Harvey et al., 2012).

En la etapa comprendida entre 2000-2004 se desarrolló el primer prototipo de sondaje VS-30 ORIÓN, así mismo, por medio de una cooperación firmada entre China y Brasil se desarrollaron los satélites CBERS-3 y CBERS-4. El cohete VSB-30 fue construido a partir de una cooperación entre Alemania y la Agencia Espacial Brasileira (AEB), contribuyendo con el avance de la ciencia y tecnología, sus siglas significan Vehículo de Sondaje Booster-30 y su apogeo fue de 270 km con una carga útil de 400 kg. En 2007 se lanzó el satélite brasileiro CBERS-B en China (Robledo, 2012).

Enfatizando en los vehículos de sondaje, Brasil por medio del Instituto de aeronáutica y Espacio (IAE/DCTA) y de la Industria Aeroespacial, desarrollo un conjunto de cohetes para la experimentación científica y tecnológica. Con el dominio de los cohetes de sondaje se estableció la base para el desarrollo de un vehículo lanzador de Satélites VLS, artefacto de cuatro etapas con cerca de 50 toneladas en despegue, y capaz de lanzar satélites de 100 kg a 350 kg, en altitudes de 200 km a 1000 km. Actualmente el VLS-1 es el principal proyecto totalmente nacional en el área de lanzadores de satélites (Harvey et al., 2012).

Los cohetes sonda son utilizados para misiones suborbitales de exploración del espacio, con capacidad de lanzar cargas útiles compuestas por experimentos científicos y tecnológicos; Brasil posee vehículos operacionales de este tipo que suplen una buena parte de las necesidades, además de haber tenido exitosos lanzamientos. Las actividades que desarrollaron cohetes de

sondaje comenzaron en 1965 con el cohete SONDA-I y durante un periodo de 12 años fueron realizados más de 200 experimentos con cohetes de este tipo, actualmente la política de involucramiento creciente de las universidades y Centros de Investigación en el Programa Espacial Brasileiro viene acarreado una demanda mayor de estos vehículos, lo que permite la continuación de su producción (Robledo, 2012).

En la Fig. 3 se pueden observar los principales cohetes brasileiros desarrollados, como muestra de su evolución a través de los años. Brasil es uno de los países latinoamericanos que cuenta con una industria aeroespacial sólida, proporcionando una fuente de progreso, es de sobresalir la inversión que hacen antes del estado en convocatorias para desarrollar investigaciones concernientes a este campo, lo que ha permitido de manera gradual, grandes avances.



Figura 3. principales cohetes brasileiros desarrollados. Fuente: (IAE, 2010).

Es importante reconocer los avances en materia de tecnología aeroespacial que se han realizado en la región, ya que de estos Colombia puede tomar ejemplo, e integrarse, proporcionando aportes de gran magnitud. Lo que es más importante ahora es establecer políticas de apoyo en educación como lo han venido haciendo Brasil, Argentina y Perú, como también inversiones en la investigación para la nación, es muy importante cultivar la cultura de la academia integrada con las instituciones del gobierno, trabajando a la par para generar contribuciones que crean mejoras en las condiciones del país. La tecnología es una



herramienta, que bien direccionada y utilizada, puede suplir necesidades comunes y crear independencia. Aunque Colombia tan solo ha generado pequeños aportes, otros países de la región ya han generado y establecido los primeros pasos para el desarrollo aeroespacial en Latinoamérica.

4 Avances en el ámbito nacional

Las aplicaciones tecnológicas de las ciencias aeroespaciales han llegado poco a poco a Colombia, haciendo su utilización imprescindible en muchos campos del desarrollo económico, social y cultural del país; sin embargo, en el medio nacional, el desarrollo de estas aplicaciones requiere una estructura académica y tecnológica promovida a partir de la aprobación y ejecución de proyectos de investigación. Tal marco de referencia ha motivado importantes avances que en materia de gestión y experimentación adelantan actualmente las instituciones interesadas en el urgente desarrollo aeroespacial de nuestro país. En efecto, este interés fue el motivo por el cual estas iniciativas fueron agrupadas bajo el rótulo de la Comisión Colombiana del Espacio (CCE) (Cubides, 2015), creada por el Decreto Presidencial 2442 de 2006. La CCE fue considerada la puerta de acceso para que Colombia fortaleciera el conocimiento sobre las ciencias y tecnologías aeroespaciales modernas, lo que permitiría su aplicación en la navegación terrestre, aérea, fluvial y marítima; y por otra parte el uso de la información proveniente de sensores remotos, de tal manera que aumentaría la productividad, eficiencia y competitividad de los diferentes sectores de la economía que demandan esta información geoespacial. La CCE estuvo conformada por una plenaria, una secretaria ejecutiva, grupos de trabajo y comités técnicos. La plenaria fue presidida por el Vicepresidente de la república, siendo este el máximo órgano de decisión y coordinación.

Fruto del trabajo de los miembros de esta Comisión y casi dos décadas después de la primera iniciativa de adquisición de tecnología espacial, el 25 de marzo de 2009 se emitió el documento CONPES 3579 denominado “Lineamientos

para Implementar el Proyecto Satelital de Comunicaciones de Colombia” que tenía como objetivo central: “Asegurar la disponibilidad de capacidad satelital para proveer la conectividad de las regiones y zonas apartadas y generar condiciones que favorezcan la soberanía en los territorios”, y definía como parte de la primera línea de acción puntual a desarrollar para conseguir el logro de los objetivos específicos propuestos, la de adquirir un satélite propio de telecomunicaciones fijas, asignando la responsabilidad al Ministerio de Comunicaciones para adelantar el proceso precontractual y contractual para la fabricación, lanzamiento, puesta en órbita y operación de un satélite de comunicaciones, con cobertura de la totalidad del territorio nacional, y que beneficiara los programas de conectividad y las demás labores estratégicas del Estado en temas de educación, seguridad y defensa del territorio. Por otra parte, asignaba al Ministerio de Defensa la responsabilidad de coordinar las acciones y recursos para contar con el terreno, la infraestructura complementaria y la seguridad para la ubicación de la estación de control y su eventual respaldo. Posteriormente, modificaciones al CONPES 3579 fueron publicadas bajo las versiones 3651 y 3683, en búsqueda de implementar un proyecto satelital para Colombia, sin lograr los resultados exitosos que el país esperaba (Cruz, Rodríguez, Cuevas, & Venegas, 2019).

Dada la importancia del tema, el Gobierno Nacional creó mediante el Decreto 2516 del 15 de noviembre de 2013, el Programa Presidencial para el Desarrollo Espacial Colombiano (PPDEC) a cargo de la Vicepresidencia de la República, con el fin de liderar, coordinar, fortalecer e impulsar el desarrollo espacial colombiano y su integración al escenario internacional, ampliar los beneficios de las tecnologías espaciales y fomentar una nueva área de desarrollo industrial y de conocimiento para Colombia. A pesar de este programa presidencial, en 2014 la posible inversión de 250 millones de dólares para la compra de un satélite fue desestimada y terminó así el último intento por acceder al espacio.



La Comisión Colombiana del Espacio a partir del 2014 inició un periodo de cambios constantes en cuanto a su dirección que afectaron notablemente el enfoque de su labor y redujeron su capacidad de gestión. Finalmente, en el 2018 mediante el artículo 8 del Decreto Presidencial 1714 del 05 de septiembre, se asignó a la Vicepresidencia de la República la misión de ejercer la Presidencia de la Comisión Colombiana del Espacio, retornando el control de esta Comisión a la segunda autoridad del estado, después de cuatro años en su dirección.

En contraste con los países latinoamericanos líderes en el desarrollo aeroespacial, ha sido la coherencia experimental amateur la que se ha dado a la tarea de estudiar y experimentar en el diseño, ensayos y fabricación de cohetes tipo sonda en Colombia, especialmente los propulsados con combustibles sólido como el tipo Candy. Distintos grupos de coherencia experimental amateur han aportado sus conocimientos a través de cursos de formación, proyectos de investigación y productos en desarrollo, con lo que se promueve la aparición de nuevos equipos de investigación aeroespacial en el ámbito académico, tales como los de la Universidad Nacional de Colombia (sedes Bogotá y Medellín), Universidad de Antioquia, Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad Sergio Arboleda, Fundación Universitaria Los Libertadores y la Universidad de los Andes.

Dentro de los avances de Colombia en el campo aeroespacial se destacan los proyectos LIBERTAD I de la Universidad Sergio Arboleda y FACSAT-1 del Centro de Investigación en Tecnologías Aeroespaciales (CITAE) de la Fuerza Aérea Colombiana. El LIBERTAD 1 con código internacional 2007-012N fue un satélite artificial construido por el programa espacial de la Universidad Sergio Arboleda (Fig. 4) y fue el primer satélite colombiano enviado a órbita. Lanzado el 17 de abril de 2007, junto con otros catorce satélites, a bordo del cohete DNEPR-2 desde el Centro Espacial Ruso de Baikonur en Kazajistán. Con una inversión de 800 millones de pesos, el LIBERTAD 1 fue el primer satélite construido en

Colombia con asesoría de los Estados Unidos. Este proyecto académico se basó en el PicoSatélite CubeSat (satélite miniaturizado de 10 cm cúbicos y 1 kg de peso) diseñado por Boeing para proyectos espaciales de bajo presupuesto. Aunque este pre-diseño vino con la mayoría de las partes, fue necesario construir los sistemas periféricos y realizar toda su programación en Colombia.

El satélite LIBERTAD I fue dejado en una órbita geoestacionaria a 693 km de altura, más alto que la de la Estación Espacial Internacional y que el telescopio espacial Hubble. Desde ahí daba una vuelta al planeta cada 99 minutos, en promedio, a una velocidad de 7,5 kilómetros por segundo. Durante su vida útil, el LIBERTAD I realizó más de 2320 transmisiones en las que envió más de 11600 paquetes de datos, entre los que estaban temperaturas en tiempo real de sus superficies y velocidades de órbita. Los objetivos propuestos por la Universidad Sergio Arboleda fueron alcanzados y se comprobaron los estudios y cálculos realizados. Este satélite operó durante 34 días hasta agotar la energía de sus baterías. Se calcula que el LIBERTAD 1 estuvo orbitando la tierra durante otros seis años y luego se desintegró al entrar a la atmósfera terrestre.



Figura 4. LIBERTAD 1: satélite artificial construido por el programa espacial de la Universidad Sergio Arboleda. Fuente: (Universidad Sergio Arboleda, 2007a).



Actualmente, la Universidad Sergio Arboleda está avanzando en el proyecto LIBERTAD II, que es una fase del satélite más grande que el anterior, el cual busca la apropiación de conocimiento en sistemas de energía y orientación para pequeños satélites. Este satélite, podrá capturar imágenes de la Tierra que logren ser utilizadas con fines científico-ambientales, y estará orientado al Sol para recargar sus baterías y tener una vida útil superior. No se ha fijado una fecha de lanzamiento todavía. Además, se estaría analizando el desarrollo de un tercer satélite mediante una alianza con el gobierno nacional y entidades privadas (Universidad Sergio Arboleda, 2007b).

Participantes del proyecto Libertad vieron la oportunidad de desarrollar una industria satelital y fundaron Sequoia Space en 2008. Entendieron que el mercado no demandaba satélites sino misiones espaciales completas, de manera que en la actualidad diseña picosatélites y sus sistemas de control, gestiona su lanzamiento, y capacita al personal que utiliza estos equipos. Los principales clientes de Sequoia Space son las áreas de gestión del clima, de agricultura y de desastre, de gobiernos y fuerzas armadas latinoamericanas. El 8 de enero de 2014 esta empresa lanzó, utilizando un cohete de la NASA, el satélite peruano UAPSAT, diseñado y construido en asocio con la Universidad Alas Peruanas.

Por su parte, el FACSAT-1 es el segundo satélite de fabricación colombiana enviado a órbita, y el primero en nombre de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) (Fig. 5). Su lanzamiento se realizó el 28 de noviembre de 2018 a bordo del cohete PSLV-C43 de la Indian Space Research Organization (ISRO). El FACSAT-1 de formato Cubesat 3U (30x10x10 cm) (4 kg) fue desarrollado en Dinamarca bajo un convenio de transferencia tecnológica entre la EMAVI y la empresa danesa GOMSPACE. Este nano satélite orbita a unos 505 km y está destinado a la observación terrestre con una cámara de resolución de 30 metros por pixel. A la fecha, el FACSAT-1 aún se encuentra en órbita y se considera un suministro garantizado de

datos de detección remota para una amplia gama de aplicaciones, entrenamiento y desarrollo de capacidades en ciencia y tecnología; destacándose la cartografía, inteligencia estratégica, control de la seguridad nacional y estudios científicos. El centro de control (Estación Terrena) del FACSAT-1 está ubicado en la EMAVI bajo el liderazgo de oficiales y cadetes de la FAC, docentes e investigadores.

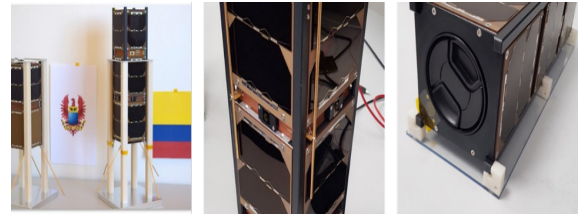


Figura 5. Nano satélite FACSAT-1 de la Fuerza Aérea Colombiana. Fuente: (GomSpace, 2018).

La FAC, en pro del fortalecimiento y avances tecnológicos, apoyada con el mejor talento humano para liderar el poder aeroespacial y la defensa de la nación, en el marco del programa de desarrollo de plataformas satelitales FACSAT, formuló el proyecto Estudio para el desarrollo de sensores satelitales FACSAT-2, que consiste en el co-diseño, codesarrollo y lanzamiento de un nuevo nanosatélite de mayores dimensiones y capacidades que el FACSAT-1, con base en la transferencia de tecnología, apropiación de lecciones aprendidas y generación de doctrina espacial del proyecto FACSAT-1, mediante el cual se ha adquirido el criterio para mejorar el diseño, fabricación, prueba y operación. Este proyecto comprende el diseño, manufactura, ensayo y operación de un nanosatélite cubesat 6-U para observación de la Tierra.

La tercera fase del programa, que es el objetivo propuesto a mediano y largo plazo, estará compuesta por una constelación de satélites con diversas aplicaciones y capacidades, los cuales serán integrados en Colombia en los laboratorios de la FAC. En dicha fase, los procesos de análisis de factibilidad, gestión y gerencia de proyectos, diseño de misión, registro satelital, asignación de frecuencia, contrato de lanzamiento, ingeniería de



sistemas, pruebas de validación, lanzamiento y operaciones, serán mayoritariamente ejecutados por personal de planta de la FAC, contando también con la participación de la academia, con miras a generar spin-offs empresariales de tecnología espacial (Álvarez Calderón & Corredor Gutiérrez, 2019).

Como se mencionó anteriormente, los cohetes utilizados a nivel mundial para el lanzamiento de este tipo de programas de exploración espacial son los cohetes tipo sonda o de sondeo, siendo estos la primera etapa de desarrollo para futuros cohetes portadores espaciales colombianos; con capacidades de posicionar satélites en órbita alrededor de la Tierra. En efecto, un primer paso para el desarrollo espacial de Colombia, en el área de vehículos lanzadores de satélites, es el fomento de proyectos de investigación dirigidos al diseño y construcción de prototipos de cohetes sonda y sistemas de propulsión, cuyas misiones sean experimentales. Hasta el momento, en el país se han reportado algunos desarrollos, dentro de los cuales se destacan los cohetes LARFAR 1, AINKAA 1 y PROMETEO I SIMTE II.

En el 2009, investigadores del Programa de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad San Buenaventura reportaron un diseño conceptual para la construcción de un Cohete Amateur Tipo G con estructura en PCV, propulsado por combustible sólido tipo Candy KNSB a base de nitrato de potasio y sorbitol. Durante su lanzamiento el cohete alcanzo una altura de 60 metros (Correal, Castaño, Rincón, & Aguillón, 2009). En el 2010, investigadores del mismo programa reportaron el diseño y construcción de un motor cohete de 800 N de fuerza de empuje, analizando cuatro tipos de propelentes sólidos, con el fin último de contribuir en el diseño de un cohete sonda de 5 kg de peso total y una altura máxima de apogeo de entre 500 y 1000 metros. La composición que demostró el mejor desempeño fue la mezcla de 65% nitrato de potasio y 35% de sorbitol, para una masa de grano propelente de 1,2 kg (Perez Reina, Bermeo Perez, & Fuquen, 2010).

En el 2010, investigadores del Grupo de Investigación Volta del Programa de ingeniería Mecatrónica de la Universidad Militar Nueva Granada llevaron a cabo el diseño y construcción de un cohete aficionado controlado mediante el accionamiento de una tobera de empuje vectorial (Fig. 6). El motor utilizó combustible sólido tipo Candy y fue clasificado a partir de pruebas de empuje como un motor clase I, mediciones que fueron llevadas a cabo en las instalaciones de INDUMIL. Este cohete LARFAR 1 fue diseñado para elevar una carga útil de 400 gramos con un apogeo de 150 metros de altura y su lanzamiento se llevó a cabo en la base militar de Tolemaida (Riveros Enciso & Rodríguez Herrera, 2010) (Aponte Rodríguez, Amaya Hurtado, Rubiano Fonseca, & Prada Jimenez, 2010).



Figura 6. Cohete LARFAR 1 construido por la Universidad Militar Nueva Granada. Fuente: adaptado de (Riveros Enciso & Rodríguez Herrera, 2010).

Por su parte, la Universidad de los Andes ha liderado la misión SENECA (Universidad de los Andes, 2016), iniciando con el cohete tipo sonda AINKAA 1, propulsado con combustible sólido tipo Candy KNSB (65% nitrato de potasio/35% sorbitol) con una fuerza de empuje teórica de 210 N (motor cohete clase H). El cohete AINKAA 1 reportó un peso total de 1.6 kg y una longitud de 72 cm (diámetro de 5,08 cm) (Fig. 7). Su lanzamiento se llevó a cabo en el 2012 en la Base Aérea CR. Luis Arturo Rodríguez Meneses del Grupo Aéreo del Oriente (GAORI) del Departamento del Vichada; unidad aérea designada como el área de pruebas de proyectos de investigación aeroespacial en



Colombia, reportando una altura máxima de apogeo de 780 metros (Fig. 8) (Urrego Peña & Rojas Mora, 2010). La Universidad de los Andes ha continuado realizando diseños de cohetes sonda en el marco del Proyecto Uniandino Aeroespacial (PUA) como una serie de actividades académicas agrupadas, orientadas al conocimiento y a la apropiación de la tecnología aeroespacial, principalmente en el campo de la propulsión con combustibles sólidos.

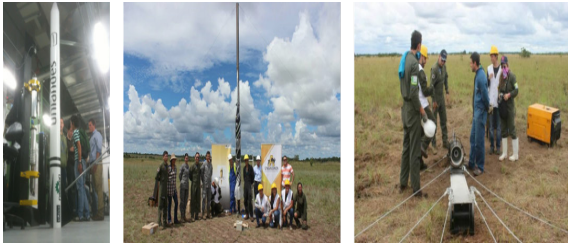


Figura 7. Misión SENECA liderada por la Universidad de los Andes, Universidad San Buenaventura y la empresa Matheson Gas Colombia. Fuente: (La Defensa.com, 2017).

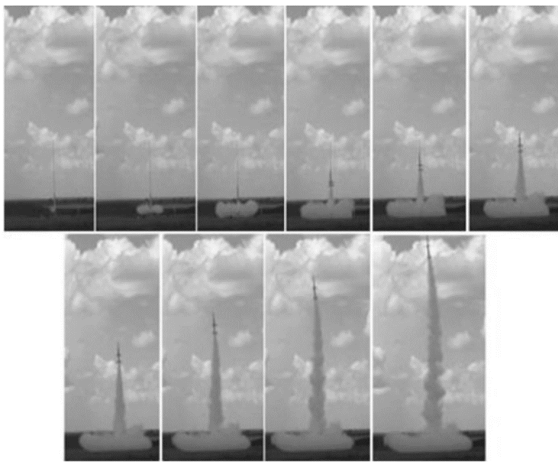


Figura 8. Lanzamiento del cohete AINKAA 1 desarrollado por la Universidad de los Andes. Fuente: (Urrego Peña & Rojas Mora, 2010).

En el 2012, la Universidad Nacional de Colombia presentó un estudio de la trayectoria de vuelo de un posible cohete diseñado y lanzado desde el territorio colombiano, concluyendo a partir de simulaciones que es la Guajira la mejor ubicación para realizar lanzamientos de cohetes sonda de 300 km de

alcance con una supuesta carga útil de hasta 200 kg (Murcia Piñeros, 2012). Posteriormente, un trabajo complementario del Programa de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad de San Buenaventura optimizó cual debería ser la trayectoria de vuelo de este cohete para alcanzar una órbita elíptica de 150 km de altura y 350 km de altura de apogeo, disminuyendo el consumo de combustibles y el tiempo de vuelo en la fase de propulsión (Canaval Ruiz & Tacuma Góngora, 2014).

Durante los años 2012-2014, investigadores de la Fundación Universitaria Los Libertadores desarrollaron un proyecto que involucraba el diseño conceptual de un cohete sonda de propelente sólido con una carga útil de 2 kg y una altura máxima de vuelo superior a los 11 km. De acuerdo a sus estudios, la masa del propelente requerida para cumplir con dicha misión era de 5 kg, desarrollando una presión máxima en la cámara de 3 MPa y una fuerza de empuje máxima de 2,7 kN (tiempo de combustión de 3,7 s) (Murcia, Cerón, Gómez, & Pachón, 2012). Así mismo, presentan el diseño de un paracaídas como sistema de recuperación del cohete con un área transversal de 2,6 m² (Ceron, Gómez, Murcia, Gómez, & Rojas, 2012).

Posteriormente, el Programa de Ingeniería Aeronáutica de la Fundación Universitaria Los Libertadores dio continuidad a estos estudios con el diseño conceptual, preliminar y detallado del cohete sonda recuperable ARISTRACO I, propulsado con combustible sólido, cuya misión principal era la obtención de datos atmosféricos (presión y temperatura) por encima de 1 km de altitud. Este trabajo de investigación tuvo como alcance la obtención de los planos de diseño y ensamble de los componentes o sistemas que componen el cohete (Salazar Ceballos & Solorzano Gomez, 2016). Así mismo, avanzaron en el diseño, construcción y pruebas de una capsula portadora de carga biológica para un cohete sonda denominado LIBERTADOR I, diseñado por el Grupo de Investigación en Ciencias Aeroespaciales (GICA) de la Institución Universitaria Los Libertadores, cuyo apogeo se estimó en 12 km (Reina Castro, 2016). En el 2015, este mismo



grupo de investigadores reportaron un análisis del rendimiento del propelente sólido tipo Candy para el cohete LIBERTADOR I mediante BEM (Ballistic Evaluation Motor). Durante el transcurso de esta investigación se validaron diferentes configuraciones de toberas en un banco de pruebas estático con el fin de optimizar las variables de diseño del motor-cohete (Gómez Martínez & Leiva Aldana, 2015).

En el 2015, el Grupo de Investigación y Desarrollo Aeroespacial (GIDA) de la Universidad Nacional de Colombia llevó a cabo el proyecto de cohete sonda PROMETEO I SIMTE II (Fig. 9), cuyo lanzamiento se llevó a cabo en la Base Militar de Marandúa, en el departamento del Vichada. En el desarrollo del PROMETEO I SIMTE II participaron instituciones como la Fuerza Aérea Colombiana, la Comisión Colombiana del Espacio, INDUMIL y otras instituciones educativas, así como empresas privadas interesadas en este desarrollo. El cohete fue construido en aluminio, con piezas fabricadas por impresión 3D a base de material polimérico, tubos PVC y cerámica como aislante en la zona del motor cohete. Su estructura conto con dos fuselajes, aletas y un paracaídas de 1,6 metros de diámetro que resiste los 7 kilos de fuerza del cohete en caída y los frena aproximadamente a 500 metros, a una velocidad de 30 km/h. Sus instrumentos electrónicos se diseñaron para medir las aceleraciones y datos de telemetría como velocidad, posición, altura y desplazamiento. El alcance vertical de apogeo se estimó en 2,5-3,0 km con base en las pruebas estáticas y registros de la fuerza de empuje (Alvarez Rojas, Huérfano, & Ojeda, 2015).

La propulsión del PROMETEO I SIMTE II se realizó utilizando propelente sólido tipo Candy, el cual fue suministrado por INDUMIL. En efecto, las pruebas estáticas en tierra se realizaron en la Fábrica de Explosivos Antonio Ricaurte FEXAR-INDUMIL, ubicada en Sibaté (Cundinamarca). La inversión en materiales del PROMETEO I SIMTE II se estimó en aproximadamente 15 millones de pesos (Fuerza Aérea Colombiana, 2015). Sin

embargo, no se tienen registros del lanzamiento y cumplimiento de la misión.



Figura 9. Prueba de lanzamiento del cohete PROMETEO I SIMTE II desarrollado por la Universidad Nacional de Colombia. Fuente: (Universidad Nacional de Colombia, 2015).

Investigadores de la Universidad Libre realizaron en 2016 el diseño de un cohete sonda para ser usado en la adquisición de variables atmosféricas (Galindo Herrera & Calderon Rojas, 2015). El diseño del cohete se realizó definiendo una carga útil de 2 kg y una altura de apogeo de 10 km. El combustible presentaba una masa de 5 kg a base de nitrato de aluminio y polietilenglicol. En su estudio reportaron que el costo estructural de un cohete sonda es de 540 USD, siendo mayor que el de un lanzamiento convencional de un globo meteorológico a nivel latinoamericano, pero destacan que la capacidad del cohete sonda de ser recuperable permite una reducción de costos en lanzamientos posteriores y adicionalmente una reducción del impacto ambiental.

Al respecto, en Colombia son utilizados globos meteorológicos y radiosondas para la adquisición de datos atmosféricos. Estos datos se toman en la tropósfera que es la capa atmosférica que está en contacto con la superficie de la tierra y se encuentra a unos 10 km de altura y en esta es donde ocurren todos los fenómenos atmosféricos. Cada lanzamiento convencional de estas radiosondas produce un costo significativo al Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) de \$500 USD aproximadamente, este valor económico no es recuperable debido a que en cada lanzamiento se pierde una radiosonda y un globo meteorológico (Galindo Herrera & Calderon Rojas, 2015).



En 2017, investigadores del Semillero GIEMA de Cohetería UIS Aeroespacial pertenecientes a la Universidad Industrial de Santander reportaron el diseño y manufactura de un motor cohete tipo R-Candy, diseñado para un cohete nombrado HICKAM. Sus resultados incluyeron el diseño de la cámara de combustión, grano propelente y tobera o boquilla de aceleración de los gases de propulsión, reportando una fuerza de empuje teórica de 43 N (Valdivieso Merino, Rojas Nova, & Correa Rivera, 2017).

Respecto al avance en la síntesis de propelentes sólidos en Colombia, investigadores de INDUMIL consideran que en el contexto nacional surge la necesidad de emprender iniciativas de estudio sistemático de la propulsión de origen químico (combustibles sólidos) como pilar fundamental para promover el desarrollo de la cohetería y sus múltiples campos de aplicación, concepto bajo el cual se enmarca el Programa de Investigación en Propelentes Sólidos para Cohetes llevado a cabo por INDUMIL con base en su trayectoria de más de 50 años en el desarrollo y fabricación de materiales altamente energéticos para los sectores civil y de defensa. De esta forma, INDUMIL ha logrado avanzar en el tema de manera independiente, resaltando las iniciativas experimentales emprendidas en el marco de convenios y acuerdos de cooperación interinstitucional con reconocidas universidades del ámbito académico nacional, lo cual ha constituido importantes tentativas de investigación y desarrollo en propulsión llevadas a cabo exitosamente con recursos nacionales (Fig. 10). Este modelo de cooperación científica surge como respuesta inicial a la problemática del aprovechamiento aeroespacial en Colombia, además de contribuir decididamente en el sector productivo con la manufactura y directa aplicación de productos de carácter aeroespacial (Cubides, 2015).

En este sentido, INDUMIL se considera aliado estratégico en el desarrollo de este tipo de proyectos en la EMAVI-FAC, inclusive contribuyendo al logro de los objetivos planteados por la Industria Militar de Colombia en tiempo de paz, ya que su experiencia

en el campo de propelentes podría ser utilizado para fines no solo militares, sino también científicos y experimentales en diversos campos de aplicación de interés para el país.



Figura 10. Avances del Programa de Investigación en Propelentes Sólidos para Cohetes llevado a cabo por INDUMIL. Fuente: (Cubides, 2015).

Por su parte, el Programa de Ingeniería Mecánica (PIMEC) - Grupo de Investigación en Estudios Aeroespaciales (GIEA) de la Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suarez" (EMAVI) ha acumulado una experiencia importante en el diseño y manufactura de componentes de propulsión, específicamente las toberas de un cohete tipo sonda utilizando materiales de fácil adquisición y bajo costo. En efecto, el uso de materiales compuestos de matriz polimérica (resinas) modificados con la incorporación de *fillers* o materiales particulados de tipo cerámico (residuos o sub-productos industriales) y reforzados con fibras cortas de vidrio, ha sido validados con éxito en la manufactura de estos componentes (Maldonado Villa, Portocarrero Hermann, Quitian Barrios, Alarcón Orduz, & David Boada, 2016; Maldonado Villa, Portocarrero Hermann, Rodríguez Adaime, Valbuena Cocunubo, & Acuña Lizarazo, 2014; Quiñonez, Lizcano, Vaquez, Maldonado, & Portocarrero, 2012)"type": "article-journal", "volume": "2", "uris": ["http://www.mendeley.com/documents/?uuid=8ab79703-c56d-428e-a0af-83e95ac74366"], {"id": "ITEM-2", "itemData": {"DOI": "10.21830/19006586.163", "ISSN": "1900-6586", "abstract": "Se consolidó un método para el desarrollo de prototipos de tobera para cohetes de órbita baja, compuesto de dos zonas de matriz polimérica (termofijas y elastoplásticas."/>



Así mismo, estas boquillas de propulsión o toberas han sido probadas bajo condiciones reales de servicio por medio de pruebas de combustión (Fig. 11) utilizando combustibles sólidos tipo Candy KNSu 65%KNO₃/35%Sucrosa, también fabricados en el GIEA-EMAVI. Los resultados obtenidos hasta el momento en este campo se consideran un impulso importante en la consolidación de una línea de investigación enfocada en el diseño y construcción de motores-cohetes tipo sonda.



Figura 11. Pruebas de combustión estáticas de motores-cohetes de combustible sólido tipo Candy realizados por el Grupo de Investigación en Estudios Aeroespaciales de la Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez". Fuente: Autores.

5 Retos y oportunidades

Colombia enfrenta actualmente grandes y diferentes retos que implican, además de la necesidad de fortalecer su seguridad y defensa, la de incursionar en campos tales como la búsqueda de energías limpias y asequibles, proteger al medio ambiente de la degradación, fortalecer la educación en materia de tecnología, información y comunicación (TIC), incrementar su competitividad económica, optimizar la infraestructura de comunicaciones y transporte, y promover relaciones internacionales mutuamente beneficiosas; y, en todos ellos, el uso y el aprovechamiento del espacio ultraterrestre juega un papel fundamental. En tal virtud, la formulación, ejecución y consolidación de una estrategia espacial en Colombia imprimiría un impulso importante en

pro del desarrollo y la prosperidad nacional. Los proyectos de investigación, desarrollo e innovación (actividades I+D+i) son reconocidos como la ruta más adecuada para adquirir las capacidades institucionales necesarias para que la FAC pueda posicionarse como un referente regional en tecnologías aeroespaciales, necesarias para el logro y cumplimiento de las políticas satelitales que el país se ha planteado de acuerdo a las urgentes necesidades, especialmente en los campos informático y de telecomunicaciones.

Dentro de las capacidades estratégicas que proyecta la FAC se encuentran las tecnologías satelitales militares y sus productos, aplicaciones y servicios derivados, que se evidencian día tras día como herramientas tecnológicas fundamentales para el sostenimiento de la Seguridad y Defensa del país y el logro de sus intereses. En virtud de lo anterior, resulta fundamental para la FAC garantizar el acceso, uso, exploración y explotación autónoma del espacio, proveyendo independencia en la ejecución de operaciones espaciales, estableciendo canales de cooperación internacional y enfocando el desarrollo de tecnologías espaciales de uso pacífico en beneficio de los intereses de Colombia y la humanidad. De esta manera se consolida una capacidad estratégica que le aporta tanto al sector defensa como a los demás e impulsa una nueva área productiva basada en innovación y tecnología. Por medio de la capacidad espacial, la FAC fortalece las estrategias de seguridad y defensa para contrarrestar las actividades ilegales y los nuevos comportamientos ilícitos; controlar las fronteras; vigilar los activos nacionales estratégicos; monitorear los intereses nacionales fuera del propio territorio; y cumplir con los requerimientos de inteligencia militar, así como de organizaciones y entidades ajenas al sector defensa, brindando información útil para conducir la estrategia política, diplomática, económica, social y científica del Estado colombiano. Las operaciones basadas en tecnologías espaciales hacen parte de una sincronizada integración de activos en el espacio que adquieren y transmiten datos e información fundamental para el planeamiento y ejecución de



la estrategia militar en la tierra (Álvarez Calderón & Corredor Gutiérrez, 2019).

Dada la importancia del poder espacial, un objetivo claro de la FAC es el alcanzar la independencia en el acceso a las tecnologías satelitales y los productos y servicios que de ellas se derivan, evitando caer en un sometimiento tecnológico que limite la posibilidad de contar con capacidades satelitales militares propias que satisfagan las necesidades de la estrategia de Seguridad y Defensa. Así mismo, y a pesar de los grandes esfuerzos y logros alcanzados con relación a la administración de las capacidades espaciales, aún hay mucho por hacer; por lo anterior, la FAC proyecta adelantar reformas organizacionales que permitan dar celeridad a los procesos de desarrollo espacial y fomenten el uso y aplicación de las tecnologías espaciales (FAC, 2018). De esta manera se pretende lograr un nivel administrativo, operativo y de integración de capacidades espaciales tanto militares como de país, similar al de naciones como Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, México, Perú y Venezuela; países que incorporaron las tecnologías espaciales como parte de sus capacidades estratégicas brindando soporte a su desarrollo económico y social.

Teniendo en cuenta las oportunidades que provee el espacio exterior y la inminente necesidad del ser humano de acceder a él para explorarlo y explotarlo, Colombia tiene entre otras, la opción de lograr beneficios dada su posición ecuatorial, que ofrece ventajas para desarrollar capacidades de lanzamiento, ya sea de manera autónoma o dentro de un proceso de cooperación espacial internacional con aliados, entidades u organizaciones con intereses en lograr esta capacidad. En este sentido, el campo espacial permite un medio ambiente perfecto para la participación de la industria aeroespacial colombiana en la ejecución de proyectos de gran envergadura como: el diseño, construcción y puesta en órbita de diferentes tipos de sistemas satelitales; procesamiento y almacenamiento de datos espaciales; generación de aplicaciones, productos y servicios relacionados con las tecnologías espaciales; investigación y

desarrollo de tecnologías y soluciones aplicadas; programas académicos especializados y, la ejecución de programas asociados a la cooperación espacial internacional. Todos estos proyectos permitirían en diferente medida, la gestión de canales de acceso y transferencia tecnológica, fomentando la creación de un sector productivo nacional, una nueva área de conocimiento y la inmersión del país en el concepto de desarrollo social y económico basado en las tecnologías provenientes o derivadas del espacio exterior (Álvarez Calderón & Corredor Gutiérrez, 2019).

En este sentido, desde el Programa de Ingeniería Mecánica (PIMEC) de la EMAVI-FAC se ha formulado un proyecto de investigación con el objetivo de “diseñar y construir un prototipo a escala de cohete sonda (FACSON-1) basado en tecnología colombiana y validar su uso potencial en el transporte de aplicaciones para la medición de variables atmosféricas”. Cabe anotar que este tipo de cohetes sonda se desarrollaría por primera vez al interior de la FAC. Este proyecto de investigación se enmarca dentro de los Programas Estratégicos de Ciencia, Tecnología e Innovación del Modelo de Investigación de la FAC, principalmente el PROGRAMA ESPACIAL FAC. En el marco de este programa, el proyecto FACSON-1 se relaciona con el sub-programa PROYECTOS DE DESARROLLO AEROESPACIAL y sus líneas de investigación: i) Plataformas y vehículos espaciales, ii) Sistemas de carga espacial y iii) Sistemas de misión espacial.

Con el fin de dar cumplimiento al objetivo planteado se ha propuesto una metodología que comprende básicamente 8 etapas (Fig. 12), las cuales a su vez están asociadas a las fases, componentes, sistemas y sub-sistemas que comprenden el diseño, construcción y lanzamiento final del Cohete FACSON-1. La primera etapa consiste en la definición de la misión del FACSON-1; incluyendo su alcance, altura y carga útil. Las etapas 2 y 3 abarcan el diseño conceptual y preliminar de los componentes del FACSON-1 y el análisis aerodinámico durante su misión. Posteriormente, la etapa 4 se concentra en el diseño detallado y



fabricación de los componentes, sistemas y sub-sistemas que integran el cohete; incluyendo su estructura primaria (fuselaje, cuerpo y estructura), la ojiva, las aletas, los instrumentos y carga útil, el sistema de recuperación, el motor cohete y sistemas de propulsión y finalmente los sistemas de control de vuelo. Seguidamente, la etapa 5 comprende la integración y ensamble de los componentes, con el fin de posteriormente verificar su funcionamiento mediante pruebas en tierra (etapa 6). Finalizada la verificación del correcto funcionamiento de sus componentes, en la etapa 7 se realizará el lanzamiento del FACSON-1, validando su uso potencial en el transporte de aplicaciones para la medición de variables atmosféricas. Finalmente, la etapa 8 comprende el procesamiento y análisis de la información, entrega del informe final del proyecto con sus respectivos productos de: a) Generación de nuevo conocimiento, b) Apropiación social del conocimiento y c) Formación de recurso humano.

Participan en el proyecto: oficiales, sub-oficiales y cadetes de la FAC, docentes e investigadores miembros del Grupo de Investigación en Estudios Aeroespaciales (GIEA) de la Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez" (EMAVI), quienes tienen experiencia en las líneas de investigación de Plataformas y Vehículos Espaciales, Sistemas de Carga Espacial y Sistemas de Misión Espacial. El grupo trabaja colaborativamente con investigadores de otras instituciones tales como el Centro de Investigación en Tecnologías Aeroespaciales (CITAE) de la Fuerza Aérea Colombiana, la Industria Militar de Colombia (INDUMIL), el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP), la Universidad del Valle y el IEEE Aerospace & Electronic Systems Society (AEES) (capítulo Colombia), quienes participan igualmente en el proyecto (Fig. 13).

Como resultados esperados del proyecto se espera, además de la generación de nuevos conocimientos de importancia nacional e internacional, resultados tecnológicos relacionados con el desarrollo de cohetes tipo sonda, el fortalecimiento de los grupos de investigación

involucrados, la formación de nuevos investigadores al vincular estudiantes de pre-grado, maestría y doctorado, la interrelación con los grupos de investigación externos, la difusión de resultados mediante la producción de artículos científicos y presentación en eventos de los resultados, y el establecimiento de relaciones con el sector industrial involucrado con miras a la transferencia tecnológica posterior, incluyendo la posibilidad de innovación en la industria aeroespacial nacional, desde la óptica de lograr una independencia tecnológica.

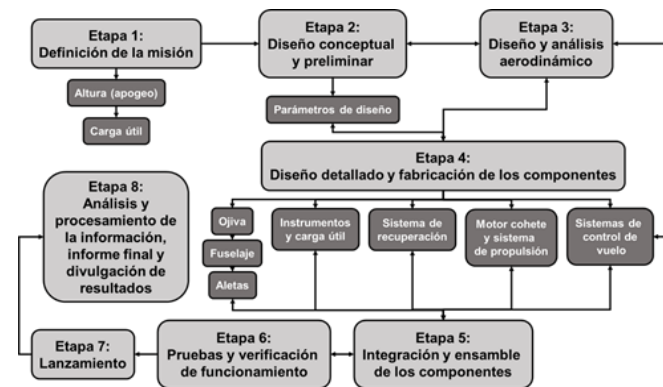


Figura 12. Etapas metodológicas necesarias para desarrollar una misión tipo cohete sonda en la EMAVI-FAC. Fuente: Autores.



Figura 13. Análisis de involucrados del Proyecto FACSON-1. Fuente: Autores.

Referencias

Álvarez Calderón, C. E., & Corredor Gutiérrez, C. G. (2019). *El espacio exterior: una oportunidad infinita para Colombia*. Bogotá D.C.: Fuerza Aérea Colombiana.

Alvarez Rojas, N., Huérfano, J., & Ojeda, O. (2015). Diseño e implementación de misión para el lanzamiento de un cohete para tres kilómetros



de altura. *VIII Congreso Argentino de Tecnología Espacial*, 1–10. Buenos Aires, Argentina.

Aponte Rodriguez, J. A., Amaya Hurtado, D., Rubiano Fonseca, A., & Prada Jimenez, V. (2010). Modelado, diseño y construcción de un sistema activo de control de estabilidad de bajo costo para cohetes experimentales aficionado. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 20(1), 77–96.

Bandecchi, M., Melton, B., & Ongaro, F. (1999). Concurrent engineering applied to space mission assessment and design. *Esa Bulletin European Space Agency*, 99, 34–40.

Calderón, C. E., Valbuena, Á., Corredor, C., & Zorrilla, M. (2019). El espacio exterior, escenario de competencia o cooperación en América del Sur: los casos de Argentina, Brasil, México y Venezuela. In *El Espacio Exterior: Una Oportunidad Infinita Para Colombia. Capítulo IV* (p. 237).

Canaval Ruiz, D. P., & Tacuma Góngora, E. M. (2014). *Optimización de la trayectoria en fase propulsada de un cohete lanzador*. Universidad de San Buenaventura.

Ceron, H., Gómez, F., Murcia, J., Gómez, S., & Rojas, F. (2012). Modelación dinámica del sistema de recuperación de un cohete. *Cuarto Congreso Internacional En Ciencia y Tecnología Aeroespacial (CICTA 2012)*, 1–11. Bogotá D.C.

Correal, M., Castaño, D., Rincón, O., & Aguillón, H. (2009). *Diseño y construcción de un cohete amateur tipo G*. Universidad de San Buenaventura.

Cruz, R. S., Rodríguez, N. P., Cuevas, J. C., & Venegas, Y. R. (2019). La fuerza aérea colombiana y la evolución del pensamiento estratégico del poder espacial. In *El Espacio Exterior: Una Oportunidad Infinita Para Colombia. Capítulo VII* (p. 20).

Cubides, C. (2015). Propelentes sólidos: Una experimentación para el futuro. *Revista Ciencia y Tecnología Del Ejército*, 6(12), 11–19.

FAC. *Plan Estratégico Institucional 2011-2030 de la Fuerza Aérea Colombiana*. , (2018).

Fuerza Aérea Colombiana. (2015). Colombia lanzará primer cohete aeroespacial; fue diseñado en la Universidad Nacional. Retrieved September 27, 2019, from <https://www.fac.mil.co/en/node/41373>

Galindo Herrera, F. A., & Calderon Rojas, J. O. (2015). Diseño estructural y aerodinámico de un cohete sonda para ser usado en la adquisición de variables atmosféricas. *XII Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica (CIBIM XII)*, 1–9. Guayaquil.

García, A., Yamanaka, S. S. C., Barbosa, A. N., Bizarria, F. C. P., Jung, W., Scheuerpflug, F., ... Scheuerpflug, F. (2011). VSB-30 sounding rocket: History of flight performance. *Journal of Aerospace Technology and Management*, 3(3), 325–330. <https://doi.org/10.5028/jatm.2011.0303221>

Gómez Martínez, F. A., & Leiva Aldana, H. Y. (2015). *Análisis del rendimiento del propelente sólido tipo amateur mediante ballistic evaluation motor (BEM) y selección de la tobera mas adecuada para su uso en el cohete sonda libertador I*. Fundación Universitaria Los Libertadores.

GomSpace. (2018). 3U nanosatellite will provide daily coverage of Colombian territory. Retrieved from <https://gomspace.com/facsat.aspx>

Harvey, B., Smid, H., & Pirard, T. (2012). The New Space Programs of Asia, the Middle East and South America. In *Emerging Space Powers*. <https://doi.org/10.1016/j.spacepol.2012.09.012>

IAE. (2010). DCTA/IAE de Brasil se prepara para lanzamiento de cohetes. Retrieved September 26, 2019, from <https://www.zona-militar.com/foros/threads/dcta-iae-de-brasil-se-prepara-para-lanzamiento-de-cohetes.20834/>

La Defensa.com. (2017). La Fuerza Aérea Colombiana lidera misión aeroespacial en el país. Retrieved September 27, 2019, from <https://www.defensa.com/colombia/fuerza-aerea-colombiana-lidera-mision-aeroespacial-pais>



Maldonado Villa, J., Portocarrero Hermann, J., Quitian Barrios, E., Alarcón Orduz, J., & David Boada, W. (2016). Desarrollo de toberas de cohete en material ablativo de matriz polimérica reforzada estructuralmente con fibras de vidrio y carbono. *71º Congresso Anual Da ABM – Internacional e Ao 16º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas*, 984–995. Rio de Janeiro, Brasil.

Maldonado Villa, J., Portocarrero Hermann, J., Rodríguez Adaime, C., Valbuena Cocunubo, J. J., & Acuña Lizarazo, M. E. (2014). Evaluación del comportamiento térmico de materiales compuestos de matriz polimérica en prototipos de toberas para cohetes de órbita baja. *Revista Científica General José María Córdova*, 12(13), 275–290. <https://doi.org/10.21830/19006586.163>

Marcado, V., Benítez, P., La Rosa, C., La Cruz, L., Parco, M., Ferrerira, J., ... Rojas, J. J. (2009). Progresos alcanzados en el proyecto universitario cohete sonda ULA. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 13(53), 305–316. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3286.5120>

Martínez, D. (2014). *Diseño y optimización de un cohete de sondeo*. Universidad de Sevilla.

Murcia, J., Cerón, H., Gómez, S., & Pachón, S. (2012). Diseño conceptual, preliminar y análisis de la trayectoria de vuelo de un cohete sonda de propelente sólido para carga útil de 2 kg. *Cuarto Congreso Internacional En Ciencia y Tecnología Aeroespacial (CICTA 2012)*, 1–11. Bogotá D.C.

Murcia Piñeros, J. O. (2012). *Estudio de la trayectoria de un cohete de tres etapas lanzado desde el territorio colombiano* (Universidad Nacional de Colombia). Retrieved from <http://www.bdigital.unal.edu.co/9665/>

NASA. (2005). *NASA Sounding rocket program handbook*.

NASA. (2019). Descripción general del programa Rocket de sondeo de la NASA: Oportunidades únicas para investigación científica enfocada, de

bajo costo y rápida. Retrieved from NASA Rocking Science Rocking website: <https://rscience.gsfc.nasa.gov/srrov.html>

Parczewski's, J. (2010a). El sitio de cohetaría experimental amateur de Juan Parczewski. Retrieved October 4, 2019, from <http://www.jpcohetaria.com.ar/Mapa.htm>

Parczewski's, J. (2010b). Historia de la cohetaría en Argentina. Retrieved September 26, 2019, from <http://www.jpcohetaria.com.ar/Historiapdf.pdf>

Perez Reina, E. A., Bermeo Perez, N., & Fuquen, D. A. (2010). *Diseño y construcción de un motor cohete que produzca 800 newton de empuje*. Universidad de San Buenaventura.

Quiñonez, D., Lizcano, Y., Vaquez, C., Maldonado, J., & Portocarrero, J. (2012). Construcción y evaluación de una tobera a escala menor basada en material compuesto para cohetes de órbita baja. *Revista Inge@UAN*, 2(4), 13–21.

Reina Castro, A. (2016). Diseño, construcción y pruebas de una cápsula portadora de carga biológica para el cohete sonda Libertador I. *TECNOESUFA: Revista de Tecnología Aeronáutica*, 25, 20–28. <https://doi.org/10.18667/issn.1909-7050>

Riveros Enciso, F. A., & Rodríguez Herrera, L. A. (2010). *Diseño y construcción de un cohete aficionado controlado mediante el accionamiento de una tobera de empuje vectorial*. Universidad Militar de Nueva Granada.

Robledo, J. C. (2012). Importancia del diseño y construcción de cohetes sonda en Latinoamérica, Brasil y Argentina. *TECNOESUFA: Revista de Ciencia y Tecnología Aeronáutica*, 18, 29–37.

Roco, M. C., & Bainbridge, W. S. (2003). Converging technologies for improving human performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science. In *Journal of Nanoparticle Research* (Vol. 1). <https://doi.org/10.1023/A:1021152023349>



- Roman-gonzalez, A., & Vargas-cuentas, N. I. (2015). Aerospace Technology In Peru. *66th International Astronautical Congress - IAC 2015*, 6. Retrieved from <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01216785/document>
- Salazar Ceballos, O. D., & Solorzano Gomez, M. A. (2016). *Diseño conceptual, preliminar y detallado del cohete sonda recuperable "Aristarco I" propulsado con propelente solido*. Fundacion Universitaria Los Libertadores.
- Sarli, B., Cabero, M., Lopez, A., Cardoso, J., & Jimenez, D. (2015). South American Space Era. *66th International Astronautical Congress - IAC 2015*, 11. Retrieved from <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01216788/document>
- Suton, G. P., & Biblarz, O. (2010). *Rocket Propulsion Elements* (Eighth Edi). New Jersey: John Wiley & Sons, INC.
- Universidad de los Andes. (2016). Misión SENECA. Facultad de Ingeniería. Proyecto Uniandino Aeroespacial. Retrieved September 27, 2019, from <https://pua.uniandes.edu.co/doku.php?id=misiones:mision2>
- Universidad Nacional de Colombia. (2015). Cohete aeroespacial colombiano se lanzará en Vichada. Retrieved September 27, 2019, from <https://sostenibilidad.semana.com/impacto/articulo/cohete-aeroespacial-colombiano-lanzara-vichada/33485>
- Universidad Sergio Arboleda. (2007a). Proyecto Libertador I: Satelite Colombiano Construido por el Programa Aeroespacial de la Universidad Sergio Arboleda. Retrieved September 26, 2019, from https://www.usergioarboleda.edu.co/proyecto_espacial/index.htm
- Universidad Sergio Arboleda. (2007b). Satélite LIBERTAD 1. Retrieved September 26, 2019, from <https://www.usergioarboleda.edu.co/satelite-libertad-1/>
- Urrego Peña, J. A., & Rojas Mora, F. A. (2010). Misiones de coheteria experimental con propelente solido: Mision Seneca, Cohete AINKAA 1. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 20(2), 53–64.
- Valdivieso Merino, D., Rojas Nova, M. A., & Correa Rivera, A. F. (2017). *Diseño y validacion de los calculos de un motor cohete R-Candy E65*.
- Vuksanovi, D., Ugarak, J., & Korok, D. (2016). Industry 4.0: the Future Concepts and New Visions of Factory of the Future Development. *International Scientific Conference on ICT and E-Business Related Research*, (October), 293–298. <https://doi.org/10.15308/sinteza-2016-293-298>



¿Como Blockchain y la convergencia en las tecnologías 4RI configuran la sociedad y la economía?

Jhonny Gómez Restrepo

Jair Abadía Correa

Resumen.

Blockchain es un protocolo que inicialmente fue diseñado con el propósito de permitir el intercambio de valor sin intermediación financiera, permite revolucionar la forma en que la sociedad comercializa e interactúa. Blockchain tiene numerosos beneficios, como la descentralización, la persistencia, el anonimato y la auditoria. Existen diversas aplicaciones blockchain que van desde criptomonedas, servicios financieros, gestión de riesgos, internet de las cosas (IoT) hasta servicios públicos y sociales. En este artículo se presenta la taxonomía de blockchain, se revisan las aplicaciones de blockchain y desafíos técnicos, así como avances para abordar los desafíos. Finalmente, en este artículo se presentan tendencias futuras de blockchain.

Palabras clave: Blockchain, protocolo, confiabilidad, descentralizado, IoT, sociedad, economía

Abstract.

Blockchain is a protocol that was initially designed with the purpose of allowing the exchange of value without financial intermediation, allows revolutionizing the way in which society markets and interacts. Blockchain has numerous benefits, such as decentralization, persistence, anonymity and auditability. There are several blockchain applications that range from cryptocurrencies, financial services, risk management, internet of things (IoT) to public and social services. This article presents the blockchain taxonomy, typical blockchain algorithms, the blockchain applications and technical challenges are reviewed, as well as advances to address the challenges. Finally, this article presents future blockchain trends.

Keywords: Blockchain, protocol, reliability, decentralized, IoT, society, economy.

1 Introducción

La criptomoneda ha generado mucho interés en la industria como de la academia. Blockchain, cadena de bloques es el mecanismo central para el Bitcoin. Blockchain se propuso por primera vez en 2008 y se implementó en 2009 (Nakamoto, 2008). Blockchain es un libro público, en el cual todas las transacciones comprometidas se almacenan en una cadena de bloques. Esta cadena crece a medida que se le agregan nuevos bloques. El protocolo blockchain tiene las siguientes características: descentralización, persistencia, anonimato y audibilidad. Blockchain integra varias tecnologías como: hash criptográfico, firma digital y mecanismo de consenso distribuido. Con blockchain, se realizan transacciones de forma descentralizada, permitiendo ahorrar costo y mejorando la eficiencia.

Aunque Bitcoin es la aplicación blockchain más conocida, blockchain se puede aplicar en múltiples aplicaciones, por ejemplo, se pueden realizar pagos sin la intermediación de un banco, se puede usar en servicios financieros como activos digitales, remesas y pagos en línea, blockchain ya se está utilizando en sistemas de interacción de internet, como contratos inteligentes, servicios públicos, internet de las cosas (IoT), sistemas de reputación y servicios de ciberseguridad.

Blockchain tiene potencial para la construcción de los futuros sistemas de Internet, pero se enfrenta a desafíos técnicos como: la escalabilidad, el tamaño más grande de los bloques implica un mayor espacio de almacenamiento y por ende propagación más lenta en la red. Esto puede llevar a la centralización gradualmente, la compensación entre la seguridad y el tamaño del bloque se convierte en un desafío.

Otro desafío, tiene relación con los mineros, nodos que generan los hashes y reciben un reconocimiento económico, estos ocultan los bloques minados para alcanzar más ingresos en el futuro.

También se ha encontrado pérdida de privacidad a pesar de que los usuarios usan la clave pública y clave privada para realizar las transacciones.

Los algoritmos de consenso actuales como la prueba de trabajo (PoW) o la prueba de participación (PoS) se enfrentan a algunos problemas graves. Por ejemplo, PoW desperdicia demasiada energía eléctrica.

Los anteriores desafíos se deben tener en cuenta en el desarrollo del protocolo blockchain.

2 Metodología

En este artículo se presenta la arquitectura blockchain, luego se presentan aplicaciones típicas de blockchain, seguidamente se resume los desafíos y avances recientes, se plantean algunas posibles direcciones futuras y finalmente se presentan conclusiones del artículo.

Arquitectura blockchain

Blockchain consta de una secuencia de bloques, que contiene un listado de registros transaccionales, llamado libro público. Cada bloque apunta al bloque inmediatamente anterior a través de una referencia que es esencialmente un valor hash del bloque anterior llamado bloque padre. El primer bloque de blockchain se llama bloque de génesis que no tiene bloque padre.

Un bloque consta del encabezado del bloque y el cuerpo del bloque, el encabezado del bloque incluye:

- Versión de bloque: indica qué conjunto de reglas de validación de bloque seguir.
- Hash de bloque primario: un valor de hash de 256 bits que apunta al bloque anterior.
- Hash de raíz de árbol de Merkle: el valor de hash de todas las transacciones en el bloque.
- Marca de tiempo: marca de tiempo actual como segundos desde 1970-01-01T00:00 UTC.



- nBits: objetivo de hashing actual en un formato compacto.
- Nonce: un campo de 4 bytes, que generalmente comienza con 0 y aumenta para cada cálculo de hash.

El cuerpo del bloque consta de un contador de transacciones y transacciones. Blockchain usa un mecanismo de criptografía asimétrica, llave pública y privada para validar la autenticación de transacciones.

Principales características de blockchain

- Descentralización. Una transacción en blockchain se hace entre dos pares sin la autenticación de un intermediario.
- Persistencia. Cada bloque generado por un nodo es validado por otros nodos y se verificarían las transacciones, por lo tanto, se puede encontrar de forma fácil si hay una falsificación.
- Anonimato. Un nodo puede generar múltiples direcciones logrando ocultar parcialmente la identificación.
- Auditable. En cada transacción se puede analizar la trazabilidad, conociendo bloque padre e hijo.

Taxonomía de sistemas blockchain

Los sistemas blockchain se clasifican en tres tipos: blockchain público, privado y consorcio.

En blockchain público es abierto a todo el mundo por lo tanto es atractivo para muchos usuarios, cada nodo participa en el proceso de consenso, las transacciones son visibles para el público y como estas se almacenan en diferentes nodos en la red distribuida, es muy difícil manipularlas.

Aplicaciones de blockchain

Múltiples aplicaciones de blockchain existen. Entre ellas hay aplicaciones típicas en diferentes áreas como son: financiera, IoT, servicios públicos

y sociales, sistema de reputación, ciberseguridad y privacidad.

En el área financiera existen aplicaciones como servicios financieros, transformación empresarial, mercadeo financiero punto a punto, gestión de riesgos.

En el área de la tecnología IoT, hay aplicaciones como e-Bussines, seguridad y privacidad en redes de diferentes dispositivos y sensores.

En el área de servicios públicos y sociales se tienen aplicaciones para registro de tierras, ahorro de energía, libertad de expresión, educación, impuestos, facturación electrónica, registro de matrimonio, gestión de patentes.

En el área de reputación se tiene aplicaciones de certificados académicos, reputación de miembros de comunidades web.

En el área de ciberseguridad y privacidad hay aplicaciones para mejorar la ciberseguridad de dispositivos y servicios móviles y protección de la privacidad.

Desafíos y avances recientes

Blockchain enfrenta múltiples desafíos y problemas, en este artículo se analizan los desafíos de escalabilidad, privacidad y minería.

Escalabilidad

Con la cantidad de transacciones aumentando día a día, la cadena de bloques se vuelve pesada. Se debe tener en cuenta que la capacidad de los bloques es pequeña, por lo tanto, muchas transacciones pequeñas pueden retrasarse ya que los mineros prefieren transacciones grandes para recibir mayor reconocimiento económico, pero cuando el tamaño de bloque es grande reduce la velocidad de propagación e implica lentitud en blockchain, este permite concluir que la problemática de estabilidad en blockchain tiene un alto nivel de complejidad. Para dar solución a esta problemática se han propuesto dos opciones la Optimización de almacenamiento y rediseño de



blockchain. En la primera opción se evita almacenar todas las transacciones al eliminar en la red los registros de transacciones anteriores y se utiliza una base de datos denominada árbol de cuentas para mantener el saldo de todas las direcciones no vacías. La segunda opción consiste desacoplar el bloque convencional en dos partes: el bloque clave para la elección del líder y el microbloque para almacenar transacciones, logrando también que los mineros obtengan reconocimiento económico no solo por el tamaño del bloque sino también por la seguridad de la red.

Privacidad

Se considera que blockchain es segura debido a que los usuarios hacen transacciones con direcciones que se han generado en la red, pero realmente blockchain no puede garantizar la privacidad transaccional ya que los valores de todas las transacciones y la llave pública son visibles para todos. Se están estudiando algunas soluciones para garantizar el anonimato, una de ellas llamada mezcla, que consiste en mezclar direcciones de origen, destino e intermediarios, para que sea difícil identificar los usuarios origen y destino de transacciones.

Minería

Se ha encontrado que blockchain es susceptible a los ataques de mineros. Se ha demostrado que nodos con menos del 51 % de potencia informática pueden revertir la cadena de bloques e invertir la transacción ocurrida, para blindar un poco esta situación se están analizando la posibilidad de que cada bloque se deba generar y aceptar por la red en un intervalo de tiempo máximo.

3 Resultados

Con base a lo tratado en este artículo se puede evidenciar que blockchain y la convergencia en las tecnologías 4RI tienen un amplio potencial en la industria y la academia e impactan positivamente la configuración de la sociedad y la economía. Entre esos direccionamientos futuros se resaltan las siguientes áreas: pruebas de blockchain, reducción

de la tendencia a la centralización, análisis de big data, contrato inteligente e inteligencia artificial.

Pruebas de blockchain

Es fundamental que las organizaciones hagan un análisis de si realmente blockchain aplica para su estrategia de negocios, por lo tanto, lo primero es hacer una estandarización donde se definan y acuerden los criterios de uso de blockchain para saber si se cumple con esos criterios, y luego hace una fase de pruebas con los diferentes criterios definidos.

Por ejemplo, un usuario encargado del negocio en línea se preocupa por el rendimiento de blockchain, por lo tanto, debe probar el tiempo que toma desde que un usuario envía una transacción, la capacidad de un bloque de blockchain, etc.

Reducción de la tendencia a la centralización

Blockchain está diseñado como un sistema descentralizado. Sin embargo, existe una tendencia de que los mineros están centralizados en grupos. Como blockchain no está destinado a servir a pocas organizaciones, se requiere definir métodos para resolver este problema.

Análisis de big data

Blockchain converge muy bien con big data. Blockchain permite almacenar y analizar datos importantes de manera que se garantice la confidencialidad, la integridad y la disponibilidad.

Por ejemplo, utilizando blockchain para almacenar historias médicas de pacientes, evitaría que esa información crítica se alterara o robara.

Contrato inteligente

Un contrato inteligente es un protocolo de transacción computarizado que ejecuta los términos de un contrato y se puede implementar con blockchain, logrando que el código generado fuera ejecutado por los mineros, permitiendo así que los contratos inteligentes tuvieran muchas funcionalidades en diferentes áreas, como IoT, servicios bancarios, etc, por lo anterior se hace



necesario, el análisis de ataque y desempeño de contrato inteligente.

El desarrollo acelerado del protocolo blockchain, permitirá utilizar múltiples aplicaciones inteligentes basadas en contratos.

Inteligencia artificial

Los avances actuales de blockchain muestran grandes oportunidades para aplicaciones de inteligencia artificial (IA). Muchos de los desafíos de blockchain pueden ser solucionados por las tecnologías de inteligencia artificial que no son controladas por ninguna de las partes, se entrenan y aprenden para trabajar de manera autónoma. Esto permitiría contratos inteligentes más inteligentes.

4 Discusión

Este artículo permite comprender la arquitectura blockchain, aplicaciones típicas de blockchain, sus desafíos y avances recientes, y se plantean algunas posibles direcciones futuras. El uso del protocolo blockchain, inicialmente tuvo su principal aplicación en el marco de las criptomonedas, pero por sus características de: descentralización, persistencia, anonimato y audibilidad ampliaron sus campos de acción a diferentes áreas como son: financiera, IoT, servicios públicos y sociales, sistema de reputación, educación, industria, ciberseguridad y privacidad.

Importante resaltar que blockchain integra varias tecnologías como: hash criptográfico, firma digital y mecanismo de consenso distribuido. Con blockchain, se realizan transacciones de forma descentralizada, permitiendo ahorrar costo y mejorando la eficiencia.

5 Conclusiones

Las características principales de blockchain como son: descentralización, persistencia, anonimato y auditabilidad hacen que sea un protocolo muy valorado y está motivando a que sea utilizado en muchas aplicaciones, demostrando que puede transformar la industria tradicional configurando la economía y la sociedad al converger con la industria 4RI

En este artículo, se presentó una visión general del protocolo blockchain, se presentaron aplicaciones de blockchain en diferentes áreas, también se presentaron desafíos y problemas que pueden afectar el avance de blockchain y se relacionaron posibles direcciones futuras.

En la actualidad hay grandes avances con el contrato inteligente proponiendo muchas aplicaciones con él, pero es necesario investigar sobre sus defectos y debilidades para lograr implementaciones masivas.

Referencias

Azure (2016) Microsoft Azure: Blockchain as a Service, <https://azure.microsoft.com/enus/solutions/blockchain/> Barcelo, J. (2014) User Privacy in the Public Bitcoin Blockchain.

Bruce, J. (2014) The Mini-Blockchain Scheme, <http://cryptonite.info/files/mbc-scheme-rev3.pdf>

Buterin, V. (2014) A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform, White Paper

Buterin, V. (2015) On Public and Private Blockchains, <https://blog.ethereum.org/2015/08/07/onpublic-and-private-blockchains/>.

Carboni, D. (2015) Feedback based Reputation on Top of the Bitcoin Blockchain, arXiv preprint arXiv:1502.01504.

Foroglou, G. and Tsilidou, A-L. (2015) Further Applications of the Blockchain

Kraft, D. (2016) 'Difficulty control for blockchain- based consensus systems', Peer-to-Peer Networking and Applications, Vol. 9, No. 2, pp.397–413.

Nakamoto, S. (2008) Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> namecoin (2014) Namecoin, <https://www.namecoin.org/>



Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X. and Wang, H. (2017) 'An overview of blockchain technology: Architecture, consensus, and future trends', Proceedings of the 2017 IEEE BigData Congress, Honolulu, Hawaii, USA, pp.557–564



Concepción diseño y construcción de un avión tipo Light Sport Aviation

Alejandro Alberto Caldas

Correo-e: caldas.aeronautica@gmail.com

Resumen.

El desarrollo de la industria aeronáutica privada en Colombia se ha dado por esfuerzos individuales impulsada por varios pilotos profesionales, pilotos aficionados e ingenieros emprendedores. La principal característica de estas aeronaves ha sido su tamaño relativamente pequeño. Después de varios desarrollos como el del avión Caldas Vento, desarrollado por Caldas Aeronáutica se han identificado necesidades de diseño de aeronaves que faciliten el desarrollo de un semillero de pilotos y de constructores de aeronaves para desde allí generar un impulso en la ingeniería y desarrollo aeronáutico del Valle del Cauca. Esta aeronave tendrá acomodación en tándem para piloto y aprendiz, estructura principalmente metálica de muy bajo peso con capacidad para decolar desde pistas cortas en vuelo lento para facilitar su operación y un gran campo de visibilidad desde la cabina. Sus componentes serán de fácil reemplazo obteniéndose sin embargo mayor durabilidad que en el caso de aeronaves con piel de tela. La aeronave de este tipo, que se está desarrollando por Caldas Aeronáutica es llamada TWIN ERA y se trata de un monomotor de ala alta. Este artículo expone brevemente el proceso de desarrollo de esta aeronave y los resultados preliminares obtenidos en el proceso de fabricación.

Palabras clave: acomodación en tándem, fabricación metálica, facilidad de construcción, gran campo de visibilidad, vuelo lento.

Abstract.

The development of private aeronautical industry in Colombia has evolved as consequence of individual efforts made by profesional pilots amateur pilots and entrepeneur engineers. The principal characteristic of these airplanes was their relativly small dimensions, After some developed airplanes like the Caldas VENTO produced by Caldas Aeronatica some special needs in design have been identified. It is important to design an airplane that can be used to promote training of young amateur pilots which can become profesional pilots. The new design should also generate an aditional interest in aeronautical manufacturing and aeronautical engineering in Cauca Valley. It should have tándem accomodation for pilot and apprentice , fuselage made of light metallic frame , and should be capable for taking off in short distances at low speeds for a better operation in different landing tracks. The cockpit should have a large visibility field Its elements and parts should be easy to replace although their durability will be longer than that of airplanes covered by fabric skin. The airplane that will have this specifications has been developed by Caldas Aeronáutica and was named TWIN ERA. It is a

single engine airplane ,with high wings. This paper explains shortly the development process and preliminary results obtained in its manufacturing process.

Keywords: tandem accommodation ,metal manufacturing,easy manufacturing,large visibility field, slow flight.

1 Introducción

El concepto de Light Sport Aviation engloba aeronaves livianas para uso recreativo.

Las aeronaves para venta en Kit (suministro de partes para armar por el cliente) se han popularizado enormemente en Estados Unidos y Europa desde la década de 1970.

En Colombia desde el año 1976 algunos aficionados a la aviación adquirieron aviones en Kit, para uso recreativo. Como ejemplo estuvieron los modelos Quicksilver MX Sport, MX Sprint ,GT 400 y GT 500, aeronaves de construcción simple con superficies en tela. La tela es un material que se degrada muy fácilmente con el sol y el agua lluvia.

Otros Kit de estas aeronaves vienen enteramente en metal pero la dificultad de ensamble y costos de adquisición era el reto a mejorar.

En el año 2010 Caldas Aeronáutica desarrollo y voló el avión VENTO , el cual superó las expectativas de performance.

El VENTO que se puede observar en la Fig.1, es una aeronave de diseño muy adelantado y su manufactura es bastante detallada. Se trata de un ultraliviano cuya función principal es la fumigación aérea. Desde el diseño de las sillas, la configuración en tándem, el tipo de flaps , los sistemas de movimiento, la ergonomía , los factores de visibilidad, formas del estabilizador hasta el timón , los trenes de aterrizaje y el fuselaje son todos de su propia concepción. (Revista Motor, 2009). Otros diseños por Caldas Aeronautica : Mayer Gloria , Twin Cargo y Twin Ema.



Figura 1. Aeronave VENTO en vuelo. Fuente: S&G Soluciones y Gestión <https://www.youtube.com/watch?v=VDUgePzxUb0>

Se procedió entonces a concebir una aeronave que tuviera ventajas sobre los kit existentes, y que fuera más elemental que el VENTO en su fabricación para perfilarla como aeronave de entrenamiento básico en Semillero de Pilotos.

2 Metodología

La idea que se tuvo fue la de un avión de fácil construcción, planos alares altos, muy sencillo en su concepto, motor puller, tándem, metálico, muy aerodinámico, fácil de operar y con baja velocidad de perdida y buena velocidad en crucero. En el proceso de dibujo o boceto y diseño preliminar es fundamental un calculo exacto de peso que incluya todas y cada una de las partes pertenecientes al avión con el fin de ubicar acertadamente el centro de gravedad que cumpla con la norma de diseño aerodinámico (Raymer, 2002). En la planeación de la fabricación se evidencio que no se contaba con una dobladora de lámina de 4 metros por lo que se procedió a diseñarla y fabricarla generando disminución de costos y tiempo. Igualmente se diseñó y fabricó la troqueladoras para el biselado de las láminas de las costillas.



3 Resultados

Un modelo básico a escala de la aeronave se observa en la Fig.2. Se puede apreciar la sencillez del diseño la gran superficie alar y la ubicación del motor por delante de los planos alares lo que aumenta la sustentación.



Figura 2. Maqueta a escala de diseño conceptual del TWIN ERA. Fuente: El autor.

Una imagen general de la estructura del fuselaje y de su base se observa en la Fig.3. La parte inferior del fuselaje, sobre la cual se apoyarán los asientos para instructor y aprendiz se construirá en fibra de vidrio.



Figura 3. Estructura del fuselaje con barras de duraluminio y una base en forma de góndola fabricada en fibra de vidrio. Tren de aterrizaje tipo triciclo fijo. Fuente: El autor.

El fuselaje se construyó en estructura tubular de Dural 6061 T-6 y diámetro de tubo de 1 3/4". Los cortes de tubos que configuran una unión se observan en la Fig.4.



Figura 4. Unión de tubos en estructura del fuselaje. Fuente: El autor

Las uniones entre los miembros estructurales del fuselaje se realizaron por medio de elementos laminares especialmente cortados y doblados para ser unidos por remaches a los miembros tubulares como se observa en la Fig. 5. Esto permitió uniones robustas y rígidas entre los tubos que componen el fuselaje.



Fig.5 Unión de miembros estructurales por medio de láminas remachadas. Fuente: El autor.

El estabilizador vertical se observa en la Fig.6



Figura 6. Estabilizador vertical del avión en construcción. Fuente: El Autor.



Los planos horizontales de cola utilizan un perfil 65006 y se observan en la Fig 7.

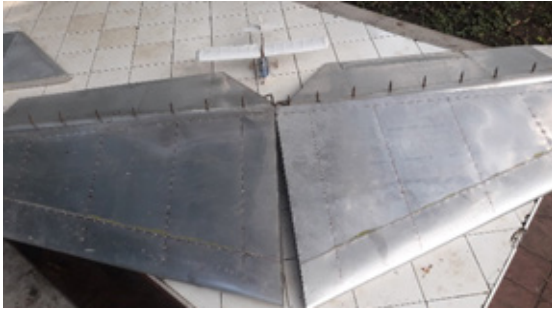


Figura 7. Estabilizadores horizontales de cola en proceso de manufactura. Fuente: El autor.

Un timón de profundidad ubicado cerca al estabilizador horizontal de cola se observa en la Fig.8



Figura 8. Timón de profundidad y estabilizador horizontal. Fuente: El autor.

Los planos principales, tienen un perfil NACA 4418 modificado. Estos se pueden observar en la Fig.9.



Fig.9 Perfil de los planos principales. Fuente: El autor.

El ala incorpora flaperones y slats. Los flaperones permiten aumentar la sustentación cuando el avion se encuentra volando a altos ángulos de ataque y a baja velocidad lo cual le da confiabilidad durante aterrizajes y despegues (Abott & von Doenhoff,1959) Los flaperones que se observan en la Fig.10, se desempeñan bien en bajas velocidades dado que no permiten que haya desprendimiento de flujo de aire sobre las superficies de sustentación.



Figura 10. Los flaperones mejoran la sustentación en el despegue y el aterrizaje. Fuente: El autor.

Los slats de borde de ataque de la aeronave TWIN ERA se observan en la Fig.11.



Figura 11. Slats borde de ataque. Fuente: El autor

4 Discusión

Este avión permitirá desarrollar un semillero de pilotos que utilizaran el aeródromo de Caldas aeronáutica u otros aeródromos de la región, con bajo costo de operación. Se logrará producir una aeronave cuyas partes serán de fácil reemplazo. Su implementación generará un impulso a la manufactura nacional, utilizando mano de obra nacional y generará en muchos jóvenes el interés por la aeronáutica.

Se obtendrá una aeronave con peso de 190 KG impulsada por un motor de 54 HP Marca SIMONINI que aporta un peso de 32 kg a la aeronave, consumiendo 2.4 galones/hora. Su autonomía está calculada en 5 horas y su velocidad crucero de 100 millas/hora. Permitirá también actividades de paisajismo dado que podría incorporar un tercer asiento para un pasajero. Las características más importantes del avión desarrollado se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Características generales del TWIN ERA

Alcance	450 millas
Envergadura	8.3 metros
Cuerda	1.28 m
Área Alar	10.62 m ²
Flecha del perfil	0.22 metros
Alto de la aeronave	2.55 metros
Longitud	4.6 metros
Velocidad de perdida	18 millas /hora
Tren de aterrizaje	Triciclo Fijo

Autonomía de vuelo	5 horas
Velocidad de crucero	100 millas hora
Peso total	190 kg
Planta motriz	54 HP motor Simonini/ peso de 32 kg
Consumo promedio combustible	2.4 galones de combustible
Hélice	IvoProp Tripala de 64" con paso variable de mando eléctrico.

5 Conclusiones

El desarrollo de aeronaves colombianas debe ser un propósito de los pilotos profesionales, los ingenieros, la Fuerza aérea y los empresarios de tal manera que la iniciativa e inventiva de cada uno de ellos no se vea afectada por restricciones económicas, académicas, o ingenieriles.

Los constructores y empresarios de la aviación deben apoyarse en los ingenieros para desarrollar sus aeronaves mas sin embargo el interés en llevar a cabo un proyecto y en construir un prototipo no debe ser frenado por requerimientos de ingeniería dado que en nuestra región es primordial interesar a más jóvenes para que se mantenga la industria aeronáutica local.

Referencias

Abott, I., von Doenhoff, A.E. Theory of wing sections. (1959). Toronto, Canada. Editorial: Dover Publications inc New York.

Clopatofsky, J. (24 de Junio de 2009). Puro criollo. Revista MOTOR. No. 491 pp 36-38.

Raymer, D.P. Simplified aircraft Design for Home builders (2002) Sylmar, U.S.A. Editorial: Conceptual Research Corporation.



Técnicas Clásicas y Modernas de Machine learning para Clasificación de Neuroseñales utilizando Google Colaboratory

Carlos Diego Ferrin^{1,2} Humberto Loaiza¹ Jean Pierre Diaz¹, Paulo Andrés Vélez²,
Grupo de Investigación en Percepción y Sistemas Inteligentes, Universidad del Valle
Grupo de Investigación Khimera, Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium
Correo-e: carlos.ferrin@correounivalle.edu.co

Resumen.

Con el crecimiento de las capacidades y facilidad de acceso a las plataformas de computación en la nube, muchas líneas de investigación se han beneficiado ya que estas capacidades permiten que más investigadores puedan implementar sus propuestas algorítmicas; caso particular es el de la investigación en neurociencia y neurotecnología donde la clasificación de neuroseñales ha experimentado un aumento considerable en las publicaciones científicas gracias a este auge de la computación. Sin embargo, introducirse en este nuevo marco de trabajo no siempre resulta en una experiencia satisfactoria y en muchas ocasiones la curva de aprendizaje puede ser muy lenta sino se utilizan las herramientas adecuadas. Por lo anterior, en este trabajo se busca introducir a los nuevos investigadores en neurociencia y neurotecnología en la implementación y evaluación de técnicas de clásicas y modernas de machine learning para clasificación de neuroseñales en la plataforma Google Colaboratory. Para esto, primero se describe el funcionamiento básico de la plataforma Colaboratory así como las bibliotecas gratuitas en Python más adecuadas para investigación en neuroseñales, después se describe y referencian cuatro técnicas (dos clásicas y dos modernas) de clasificación de neuroseñales, finalmente con la ayuda de un Notebook de Python creado en Google Colaboratory se procede a la implementación de las técnicas y se evalúa el desempeño de las mismas. A continuación se exponen resultados de clasificación de neuroseñales sobre un set de señales electroencefalográficas de imaginación motora de mano derecha y pies en catorce sujetos experimentales.

Palabras claves: Neuroseñales, Machine Learning, Computación en la nube.

Abstract.

With the growth of capabilities of and accessibility to cloud computing platforms, few research fields have benefited as these capabilities allow many more researchers to implement their algorithmic proposals all around the world; this is particularly true for neuroscience and neurotechnology where the research field of neurosignal classification has experienced a considerable increase in scientific publications thanks to this rise in cloud computing. Nonetheless, this new framework does not always result in a satisfactory experience and, in many cases, the learning curve may be very slow even when the right tools are used. Therefore, this paper aims to introduce new researchers in neuroscience and neurotechnology by implementing and assessing classic and modern machine learning techniques for neurosignal

classification using Google Colaboratory. First, the basic operation of the Colaboratory platform is described, as well as the most appropriate open source Python libraries for neurosignal research, second, four (two classic and two modern) neurosignal classification techniques are described and carefully cited, and finally, by editing a Python Notebook (created on Google Colaboratory), we implement and assess performance on a public dataset. In the following, we show results on the classification of electroencephalographic signals associated to motor imagery of the right hand and feet in fourteen experimental subjects.

Keywords: Neurosignals, Machine learning, Cloud computing.

1 Introducción

Por mucho tiempo se ha pensado que la investigación en neurociencia/neurotecnología (Rupp et al., 2014; Shih, Krusienski, & Wolpaw, 2012; Squire et al., 2012) solo puede realizarse en importantes laboratorios a nivel mundial, con equipos sofisticados, personal médico, etc. Este pensamiento se justifica al observarse que, en la mayoría de casos, los laboratorios que investigan neurociencia/neurotecnología cuentan con infraestructura hardware y software de punta para adquirir y/o procesar neuroseñales con el propósito de comprender fenómenos o desarrollar tecnologías de asistencia (Kouroupetroglou, 2014). Sin embargo, actualmente no todo lo que se investiga en neurociencia/neurotecnología demanda de dicha infraestructura.

Dentro de las líneas en neurociencia/neurotecnología que no demandan tanta infraestructura hardware/software existe una denominada Clasificación de Neuroseñales (Fabien Lotte et al., 2018), orientada al desarrollo de métodos matemáticos (generalmente de modelos de aprendizaje automático) que permitan predecir diferentes estados/tareas mentales a partir de neuroseñales no invasivas como las Electroencefalográficas adquiridas de forma superficial (Ferrin Bolaños & Loaiza Correa, 2018; Squire et al., 2012). Un estado o tarea mental puede ser imaginar un objeto, un color o

una intención motora (movimiento del miembro superior), etc. (Rupp et al., 2014).

La clasificación de tareas mentales a partir de neuroseñales adquiridas mediante Electroencefalografía superficial presenta grandes retos (Ferrin-bolaños, Loaiza-correa, Diaz, & Ángel, 2019) ya que por naturaleza estas presentan una baja relación señal a ruido, es decir, la presencia de ruido en estas señales es muy alta ocultando la información discriminante, y también presentan no estacionariedad, es decir, los patrones asociados a una misma tarea mental para un mismo sujeto varían considerablemente de una sesión a otra en las mismas condiciones de adquisición de las neuroseñales.

El set de datos generalmente a analizar es del orden de Gigabytes por esta razón y teniendo en cuenta que la demanda computacional de las técnicas crece con el tamaño de los datos, se requiere software especializado y capacidades computacionales adecuadas. Con el avance en los servicios de computación en la nube, empresas como Google ofrecen a través de su suite de aplicaciones plataformas que pueden utilizarse con propósito académico e investigativo de forma gratuita y limitada capaz de procesar estas grandes cantidades de datos. Estas plataformas en muchos casos pueden ser de mayor capacidad computacional a la que se puede encontrar en laboratorios y centros de las universidades. Este avance ha permitido que muchos investigadores



en países en vía de desarrollo puedan aportar al progreso de líneas de investigación como el de Clasificación de Neuroseñales.

Por lo anterior, con este trabajo se buscan dos cosas: primero, realizar una descripción detallada de la implementación y evaluación de técnicas clásicas y modernas de machine learning para clasificación de neuroseñales en un entorno de computación en la nube de Google, y en segundo lugar, utilizando un dataset público de imaginación motora, comparar el desempeño de estas técnicas para cada sujeto experimental (modelo por sujeto) y para todos los sujetos experimentales (modelo independiente del sujeto).

2 Métodos y herramientas

El avance en el desarrollo de técnicas de clasificación de neuroseñales permite discernir en general varias tendencias algorítmicas. Por ejemplo, a partir de las revisiones de literatura hechas en (F. Lotte, Congedo, Lécuyer, Lamarche, & Arnaldi, 2007; Fabien Lotte et al., 2018), se puede concluir que en general dos tipos de técnicas de machine learning han sido las más exploradas dentro de la comunidad científica. Por un lado están las técnicas que buscan la representación vectorial de patrones de las señales EEG (las cuales denominamos técnicas clásicas) y otros que buscan conservar la estructura espacio temporal de las señales EEG (las cuales denominamos como modernas). En general, y dependiendo del tipo de aplicación, se puede tener un mejor desempeño con un tipo de técnica o con el otro. Es decir, para el problema de clasificación de neuroseñales no es posible concluir con base en los diferentes estudios encontrados en la literatura que algún tipo de técnica sea mejor que la otra de forma absoluta. Por tal razón en la actualidad se sigue investigando el diseño de clasificadores de ambos tipos (Hassanien & Azar, 2015).

2.1 Google Colaboratory para investigación en neuroseñales

Google Colaboratory (Carneiro et al., 2018) performance, and limitations. This analysis is

performed through the use of Colaboratory for accelerating deep learning for computer vision and other GPU-centric applications. The chosen test-cases are a parallel tree-based combinatorial search and two computer vision applications: object detection/classification and object localization/segmentation. The hardware under the accelerated runtime is compared with a mainstream workstation and a robust Linux server equipped with 20 physical cores. Results show that the performance reached using this cloud service is equivalent to the performance of the dedicated testbeds, given similar resources. Thus, this service can be effectively exploited to accelerate not only deep learning but also other classes of GPU-centric applications. For instance, it is faster to train a CNN on Colaboratory's accelerated runtime than using 20 physical cores of a Linux server. The performance of the GPU made available by Colaboratory may be enough for several profiles of researchers and students. However, these free-of-charge hardware resources are far from enough to solve demanding real-world problems and are not scalable. The most significant limitation found is the lack of CPU cores. Finally, several strengths and limitations of this cloud service are discussed, which might be useful for helping potential users.

,"author":[{"dropping-particle":"","family":"Carneiro","given":"Tiago","non-dropping-particle":"","parse-names":false,"suffix":""},{dropping-particle":"","family":"Nobrega","given":"Raul Victor Medeiros","non-dropping-particle":"Da","parse-names":false,"suffix":""},{dropping-particle":"","family":"Nepomuceno","given":"Thiago","non-dropping-particle":"","parse-names":false,"suffix":""},{dropping-particle":"Bin","family":"Bian","given":"Gui","non-dropping-particle":"","parse-names":false,"suffix":""},{dropping-particle":"","family":"Albuquerque","given":"Victor Hugo C.","non-dropping-particle":"De","parse-names":false,"suffix":""},{dropping-particle":"","family":"Filho","given":"Pedro Pedrosa Reboucas","non-dropping-particle":"","parse-names":false,"suffix":""}],container-title":"IEEE Access","id":"ITEM-1","issued":{"date-parts":[["2018"]]},"page":"61677-



61685", "title": "Performance Analysis of Google Colaboratory as a Tool for Accelerating Deep Learning Applications", "type": "article-journal", "volume": "6", "uris": ["http://www.mendeley.com/documents/?uuid=d78e877e-22e2-49ad-b665-2ecaa4a94cf4"]], "mendeley": {"formattedCitation": "(Carneiro et al., 2018 es un entorno de creación y edición de Notebooks de Python (a la fecha soporta tanto la versión 2 como 3). La extensión de este tipo de archivos es *.ipynb'. Permite escribir, compartir, ejecutar y documentar el código de una forma intuitiva. Estos pueden ser ejecutado sobre la CPU y adicionalmente con GPU (del inglés, Graphic Processing Units) o TPU (del inglés, Tensor Processing Units) (Jouppi et al., 2017)5 the involvement of cyclic nucleotides in the release of neurotransmitters. We have investigated this question using a method more suited to the detection of prejunctional drug actions than those used previously. Instead of trying to infer the action of nucleotides on nerve endings by recording endplate potentials or muscle contractions in vitro, we recorded from single motor axons of cat soleus nerves in vivo. We found that dibutryl (db, y son compatibles con otros entornos cómo Jupyter y JupyterLab (Randles, Pasquetto, Golshan, & Borgman, 2017). La configuración de la versión de Python y del Hardware de aceleración puede realizarse como se indica en la Figura 1.

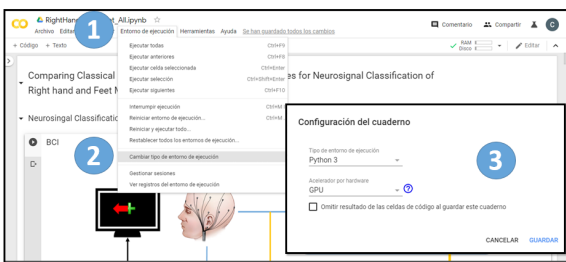


Figura 1. Configuración de Notebook de Python en Google Colaboratory. 1-Entorno de ejecución, 2-Cambiar tipo de entorno de ejecución y 3-Selección versión de Python y Acelerador por Hardware. Fuente propia.

Google Colaboratory es útil para realizar pruebas de conceptos y experimentar con conceptos de

Machine Learning, Deep Learning, Visión por Computadoretc.(Carneiroetal.,2018)performance, and limitations. This analysis is performed through the use of Colaboratory for accelerating deep learning for computer vision and other GPU-centric applications. The chosen test-cases are a parallel tree-based combinatorial search and two computer vision applications: object detection/classification and object localization/segmentation. The hardware under the accelerated runtime is compared with a mainstream workstation and a robust Linux server equipped with 20 physical cores. Results show that the performance reached using this cloud service is equivalent to the performance of the dedicated testbeds, given similar resources. Thus, this service can be effectively exploited to accelerate not only deep learning but also other classes of GPU-centric applications. For instance, it is faster to train a CNN on Colaboratory's accelerated runtime than using 20 physical cores of a Linux server. The performance of the GPU made available by Colaboratory may be enough for several profiles of researchers and students. However, these free-of-charge hardware resources are far from enough to solve demanding real-world problems and are not scalable. The most significant limitation found is the lack of CPU cores. Finally, several strengths and limitations of this cloud service are discussed, which might be useful for helping potential users.", "author": [{"dropping-particle": "", "family": "Carneiro", "given": "Tiago", "non-dropping-particle": "", "parse-names": false, "suffix": ""}, {"dropping-particle": "", "family": "Nobrega", "given": "Raul Victor Medeiros", "non-dropping-particle": "Da", "parse-names": false, "suffix": ""}, {"dropping-particle": "", "family": "Nepomuceno", "given": "Thiago", "non-dropping-particle": "", "parse-names": false, "suffix": ""}, {"dropping-particle": "Bin", "family": "Bian", "given": "Gui", "non-dropping-particle": "", "parse-names": false, "suffix": ""}, {"dropping-particle": "Albuquerque", "given": "Victor Hugo C.", "non-dropping-particle": "De", "parse-names": false, "suffix": ""}, {"dropping-particle": "Filho", "given": "Pedro Pedrosa Reboucas", "non-dropping-particle": "", "parse-names": false, "suffix": ""}], "container-title": "IEEE



Access", "id": "ITEM-1", "issued": {"date-parts": [[2018]]}, "page": "61677-61685", "title": "Performance Analysis of Google Colaboratory as a Tool for Accelerating Deep Learning Applications", "type": "article-journal", "volume": "6"}, "uris": ["http://www.mendeley.com/documents/?uuid=d78e877e-22e2-49ad-b665-2ecaa4a94cf4"]}], "mendeley": {"formattedCitation": "(Carneiro et al., 2018 sin incurrir en costos de procesamiento en la nube, o tratando de aprovisionar un entorno local para desarrollar este tipo de soluciones. Dicho ambiente de trabajo viene con ciertas librerías pre-instaladas listas para utilizar, como por ejemplo Scikit-learn (Varoquaux et al., 2015), SciPy (Virtanen et al., 2019), Numpy (Van Der Walt, Colbert, & Varoquaux, 2011), Pandas (McKinney, 2011), Statsmodels (Seabold & Perktold, 2010), etc., lo que adicionalmente representa una reducción en el tiempo de configuración del ambiente de desarrollo. Además, pueden instalarse temporalmente bibliotecas adicionales haciendo uso del gestor de paquetes pip3 (e.g., !pip3 install <libname>). Para ver un listado completo de las bibliotecas preinstaladas se puede ejecutar el comando '!pip3 list' en una celda del Notebook.

Para disponer de Google Drive como unidad de almacenamiento, generalmente en la primera celda de un Notebook debe ponerse el siguiente script de Python y ejecutarlo para proveer los permisos necesarios asociados a la cuenta usuario de Google, ver Figura 2.

```
[ ] from google.colab import drive
    drive.mount('/content/drive')
```

Figura 2. Script para montar Drive como unidad de disco en el ambiente de Google Colaboratory. Fuente propia.

2.2 Técnicas clásicas y modernas de clasificación de neuroseñales

Las técnicas clásicas de machine learning para clasificación de neuroseñales se caracterizan por el filtrado frecuencial y espacial (Wu, King, Chuang, Lin, & Jung, 2018) but they are easily contaminated by artifacts and noises, so preprocessing must be done before they are fed into a machine learning algorithm for classification or regression. Spatial filters have been widely used to increase the signal-to-noise ratio of EEG for BCI classification problems, but their applications in BCI regression problems have been very limited. This paper proposes two common spatial pattern (CSP, la extracción y selección de características (Gurve et al., 2019) para la obtención final de una representación vectorial de la señal EEG, la cual es finalmente utilizada para la construcción de modelos lineales de clasificación tanto generativos (e.g., Análisis Discriminante Lineal, LDA (Bishop, 2007; Hastie, Tibshirani, & Friedman, 2017) biology, finance, and marketing. The challenge of understanding these data has led to the development of new tools in the field of statistics, and spawned new areas such as data mining, machine learning, and bioinformatics. Many of these tools have common underpinnings but are often expressed with different terminology. This book describes the important ideas in these areas in a common conceptual framework. While the approach is statistical, the emphasis is on concepts rather than mathematics.", "author": [{"dropping-particle": "", "family": "Hastie", "given": "Trevor", "non-dropping-particle": "", "parse-names": false, "suffix": ""}, {"dropping-particle": "", "family": "Tibshirani", "given": "Robert", "non-dropping-particle": "", "parse-names": false, "suffix": ""}, {"dropping-particle": "", "family": "Friedman", "given": "Jerome", "non-dropping-particle": "", "parse-names": false, "suffix": ""}], "container-title": "Springer Series in Statistics", "edition": "2", "editor": [{"dropping-particle": "", "family": "Hastie", "given": "Trevor", "non-dropping-particle": "", "parse-names": false, "suffix": ""}, {"dropping-particle": "", "family": "Tibshirani", "given": "Robert", "non-dropping-particle": "", "parse-names": false, "suffix": ""}, {"dropping-particle": "", "family": "Friedman", "given": "Jerome", "non-dropping-particle": "", "parse-names": false, "suffix": ""}]



es":false,"suffix":""},{"id":"ITEM-1","issued":{"date-parts":[["2017"]]},"number-of-pages":"764","publisher":"Springer","title":"The Elements of Statistical Learning","type":"book"},"uris":["http://www.mendeley.com/documents/?uuid=f69559d9-2205-4f10-849e-fddcaa440f16"]},{"id":"ITEM-2","itemData":{"ISBN":"9780387310732","abstract":"DNA glycosylases catalyze the scission of the N-glycosyl bond linking either a damaged or mismatched base to the DNA sugar phosphate backbone. T4 endonuclease V is a glycosylase/apurinic (AP) o discriminativos (e.g., Máquina de Soporte Vectorial, SVM (Parikh & Shah, 2016)).

Por su parte, las técnicas modernas buscan aprovechar la estructura espacial y temporal de las señales EEG para la construcción de clasificadores que respeten dicha estructura. Las técnicas de clasificación de neuroseñales que utilizan Geometría de Riemann (Ferrin-bolaños et al., 2019) son un ejemplo de este tipo de técnicas. En este caso se trabaja con una representación matricial regularizada de la matriz de covarianza (no sesgada) (Minh & Murino, 2017) de la señal EEG, la cual puede ser previamente filtrada espacialmente en el sub-espacio evocado de las señales EEG y finalmente se construyen clasificadores directamente en la variedad riemanniana de matrices positivas definidas utilizando conceptos como distancia y promedio riemanniano (Minh & Murino, 2017), o se realiza una proyección en el espacio tangente de la matriz promedio riemanniana del conjunto de señales EEG y se utilizan máquinas de vectores de soporte para la clasificación de estos patrones.

Dado que el ambiente de Google Colaboratory viene con las bibliotecas Pandas y Scikit-learn instaladas, es posible, por un lado, la manipulación de conjuntos de datos estructurados como *DataFrame* (McKinney, 2011) (en archivos con extensión CSV), y por otro lado, la construcción de *pipelines* de machine learning tanto de modelos generativos como discriminativos. Dos bibliotecas permiten la construcción de técnicas clásicas y modernas de clasificación de neuroseñales: MNE (Gramfort et al., 2013, 2014) signal processing,

statistics, and numerical methods. As part of the MNE software suite, MNE-Python is an open-source software package that addresses this challenge by providing state-of-the-art algorithms implemented in Python that cover multiple methods of data preprocessing, source localization, statistical analysis, and estimation of functional connectivity between distributed brain regions. All algorithms and utility functions are implemented in a consistent manner with well-documented interfaces, enabling users to create M/EEG data analysis pipelines by writing Python scripts. Moreover, MNE-Python is tightly integrated with the core Python libraries for scientific computation (NumPy, SciPy y PyRiemann (Alexandre, 2006; Barachant, Bonnet, Congedo, & Jutten, 2010; Yger, Berar, & Lotte, 2016)"given":"Alexandre","non-dropping-particle":"","parse-names":false,"suffix":"","dropping-particle":"","family":"Bonnet","given":"Stéphane","non-dropping-particle":"","parse-names":false,"suffix":"","dropping-particle":"","family":"Congedo","given":"Marco","non-dropping-particle":"","parse-names":false,"suffix":"","dropping-particle":"","family":"Jutten","given":"Christian","non-dropping-particle":"","parse-names":false,"suffix":"","container-title":"9th International Conference Latent Variable Analysis and Signal Separation","id":"ITEM-1","issued":{"date-parts":[["2010"]]},"page":"629-636","publisher":"Springer","title":"Riemannian Geometry Applied to BCI Classification","type":"paper-conference"},"uris":["http://www.mendeley.com/documents/?uuid=861bb724-69a2-438a-8802-bf318bbb6736"]},{"id":"ITEM-2","itemData":{"DOI":"10.1109/TNSRE.2016.2627016","ISSN":"1534-4320","PMID":"27845666","abstract":"Although promising from numerous applications, current Brain-Computer Interfaces (BCIs. Con la primera es posible la implementación de filtros frecuenciales y espaciales. Con la segunda biblioteca es posible construir clasificadores utilizando conceptos de Geometría Riemanniana. En el ambiente de Google Colaboratory estas bibliotecas deben instalarse antes de su uso, para esto se utiliza el comando:



!pip3 install [mne](#) [pyriemann](#). Los modelos que ofrecen estas librerías se pueden integrar fácilmente a los pipelines de Scikit-Learn ya que estos modelos fueron implementados mediante clases que heredan las clases bases de Scikit-learn (Varoquaux et al., 2015): *BaseEstimator* y *TransformerMixin*.

3 Pruebas y Resultados

Se utiliza un dataset de señales EEG de imaginación motora de Mano-derecha y Pies cuya descripción completa puede ser consultada en (Steyrl, Scherer, Faller, & Müller-Putz, 2016). El dataset que inicialmente se encuentra en contenedores MAT (MatLab) fue transformado a una estructura tipo *DataFrame* y almacenados en archivos CSV para su fácil manipulación mediante la biblioteca Pandas. Se tiene un total de 14 archivos para entrenamiento y 14 archivos para evaluación. Cada par de archivos entrenamiento-evaluación corresponde a las señales EEG de un sujeto experimental. Las señales tienen una frecuencia de muestreo de 512 Hz y 15 canales. Una columna de evento (en el *DataFrame*) codifica a través de 1 (para imaginación de Mano-derecha) y 2 (para imaginación de Pies) el instante (posición en muestras) en que aparece la señal visual en la pantalla que le indica al sujeto el inicio de una tarea de imaginación motora. De cada archivo de entrenamiento se pueden obtener 100 segmentos de señales EEG asociados a imaginación motora de Mano-derecha y Pies en una relación 50:50. Y de cada archivo para evaluación se pueden extraer 60 segmentos (30:30) para evaluar generalización.

Se utilizan dos técnicas clásicas de clasificación de neuroseñales: 1-Filtrado espacial mediante Patrones Comunes Espaciales (CSP) (Meisheri, Ramrao, & Mitra, 2018; Xinyi Yong, Ward, & Birch, 2008), varianza logarítmica para extracción de características y Análisis Discriminante Lineal Bayesiano (LDA) como clasificador, 2-Filtrado en frecuencia (8-30 Hz) y espacial, CSP, varianza logarítmica para extracción de características y máquina de vectores de soporte lineal, como clasificador. Y dos técnicas modernas: 3-Estimación

regularizada de matrices de covarianza y clasificador de mínima distancia a promedio riemanniano, MDM (Ferrin-bolaños et al., 2019; Minh & Murino, 2017; Yger et al., 2016) por ejemplo, aquellos con lesión de la médula espinal (LME, 4-Estimación regularizada y filtrado espacial tipo xDAWN (Rivet, Souloumiac, Attina, & Gibert, 2009) de matrices de covarianza, Proyección en espacio tangente de matriz promedio riemanniano y máquina de vectores de soporte lineal, como clasificador. Las técnicas 1 y 3 corresponden a modelos generativos de clasificación, por su parte 2 y 4 corresponden a modelos discriminativos de clasificación.

En la Tabla 1 se tienen los enlaces para descargar tanto el Notebook de Python donde se implementa las cuatro técnicas descritas arriba, así como el dataset de señales EEG de imaginación de mano derecha y pies.

Tabla 1. Recursos software para clasificación de neuroseñales de imaginación motora. El Notebook se encuentra también junto con la carpeta del dataset de señales EEG.

Recurso	Descripción
Notebook	URL: RightHand_and_Feet_Publish.ipynb
Dataset	Ferrin Carlos, "Right-hand and Feet Motor Imagery (EEG Signals)", Mendeley Data, V4, doi: http://dx.doi.org/10.17632/rcxnhsb-fth.4 . 2019.

Una vez descargado el dataset desde su fuente (ver Tabla 1) y subido a la carpeta en el Google Drive, es necesario cambiar la variable '*baseDir*' la décima celda del Notebook de acuerdo a la ruta donde quede almacenado el dataset, ver Figura 2.

```
[ ] # Setting train and test dir
baseDir = '/content/drive/My Drive/'
dirTrain = baseDir+'train/'
dirTest = baseDir+'test/'
```

Figura 3. Configurar la variable '*baseDir*' en el Notebook de acuerdo a la ruta en el Google Drive donde quede almacenado el dataset. Fuente propia.



3.1 Modelos por sujeto

Para cada sujeto se evalúa la robustez y generalización de los 4 modelos de clasificación. En el primer caso se utiliza un esquema de validación cruzada de diez divisiones únicamente con el set de entrenamiento. En el segundo caso los parámetros del modelo son entrenados con el set de entrenamiento y evaluados tanto con este set como con el set de evaluación.

En la Figura 2 se observa mediante diagrama de cajas los porcentajes normalizados de clasificación correcta después de las diez divisiones del set de entrenamiento. En general la dispersión de los resultados para cada modelo depende del sujeto, en algunos sujetos las técnicas son más independientes en la forma de partición del dataset que otros. En general los porcentajes de clasificación oscilan entre 0.2 y 0.8 algo muy típico en la clasificación de neuroseñales. Aun cuando lo deseado es tener la menor dispersión y el menor error de clasificación, es necesario en estos casos donde todos los modelos arrojan resultados muy dispersos, tomar la decisión en las pruebas de generalización.



Figura 4. Diagrama de cajas de valores de porcentajes normalizados de clasificación correcta en validación cruzada estratificada con 10 divisiones, para todos los 4 tipos de modelos por sujeto. Fuente propia.

Las Figura 3 y Figura 4 muestran otro resultado muy típico en clasificación de neuroseñales: en entrenamiento los clasificadores suelen estar por encima del nivel de azar (en inglés, *Chance Level*), mientras que en evaluación están por debajo de este nivel. En cualquier caso y dado que el número de muestras para clasificar no es el mismo en entrenamiento y en evaluación, siempre se debe

estimar el nivel de azar siguiendo el procedimiento reportado en (Combrisson & Jerbi, 2015). Nótese que en todos los sujetos la técnica moderna 4-XDawnCov/TangentS/SVM presenta el menor error de clasificación en entrenamiento, incluso en generalización es la única que logra estar por encima del nivel de azar en el sujeto S04, lo que permite seleccionar esta técnica entre las demás para pasar a etapas de regularización con el fin de mejorar la generalización.

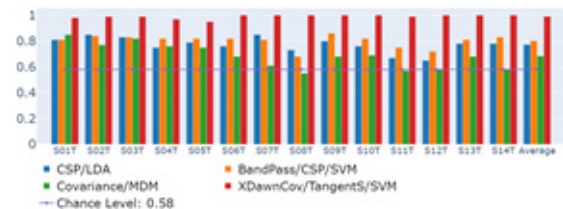


Figura 5. Porcentaje normalizado de clasificación correcta sobre set de entrenamiento para los cuatro modelos por sujeto. Fuente propia.

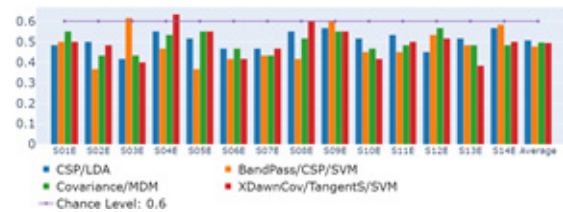


Figura 6. Porcentaje normalizado de clasificación correcta sobre set de evaluación para los cuatro modelos por sujeto. Fuente propia.

3.2 Modelo independiente del sujeto

Al igual que en 3.1 se evalúa tanto robustez como generalización, sin embargo para este caso se compila todo el set de datos de los 14 sujetos tanto para entrenamiento como para evaluación. Teniéndose al final un único modelo independiente del sujeto.

Durante la validación cruzada los modelos reportan valores en el rango de 0.3 a 0.58, Figura 5, la técnica 4-XDawnCov/TangentS/SVM sigue presentando el menor error de clasificación durante



el entrenamiento, Figura 6, sin embargo durante la generalización ninguna técnica logra estar por encima del nivel de azar, Figura 7.

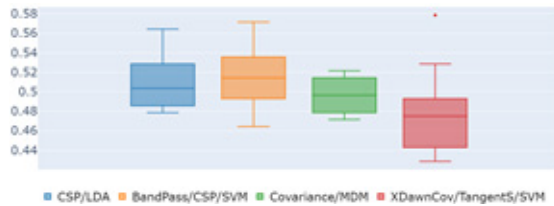


Figura 7. Diagrama de cajas de valores de porcentajes normalizados de clasificación correcta en validación cruzada estratificada con 10 divisiones para los cuatro modelos y todos los sujetos. Fuente propia.

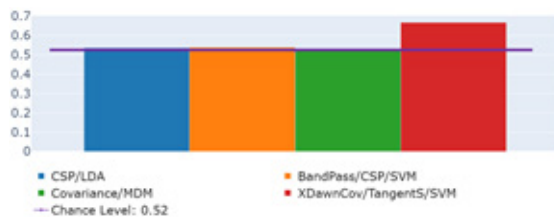


Figura 8. Porcentaje normalizado de clasificación correcta sobre set de entrenamiento para los cuatro modelos y todos los sujetos. Fuente propia.



Figura 9. Porcentaje normalizado de clasificación correcta sobre set de entrenamiento para los cuatro modelos y todos los sujetos. Fuente propia.

4 Conclusiones

La clasificación de neuroseñales utilizando técnicas clásicas y modernas de machine learning

sigue siendo un campo activo de investigación. Esto debido principalmente a que la relación señal a ruido de las señales EEG es muy baja y a que la naturaleza no estacionaria de las mismas es muy alta. Plataformas como Google Colaboratory ofrecen un marco de trabajo de computación en la nube que permite de una manera fácil y limitada llevar a cabo ejercicios de investigación en clasificación de neuroseñales. El trabajo presentado aquí describe un ejercicio completo de clasificación de neuroseñales que puede ser tomado como referencia para introducirse en la investigación tanto de técnicas clásicas como modernas de machine learning para clasificación de neuroseñales no solo de paradigmas de imaginación motora sino también de otros paradigmas como el visual, el auditivo, etc. Sin duda esto facilitará el desarrollo tanto de nuevas técnicas como la concepción de interfaces cerebro computador para aplicaciones en rehabilitación.

Agradecimientos

A Colciencias en el marco de la convocatoria 727 de 2015 y al Programa de Posgrados en Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad del Valle.

Referencias

- Alexandre, B. (2006). *Commande robuste d'un effecteur par une interface cerveau-machine EEG asynchrone*. Université de Grenoble.
- Barachant, A., Bonnet, S., Congedo, M., & Jutten, C. (2010). Riemannian Geometry Applied to BCI Classification. In *9th International Conference Latent Variable Analysis and Signal Separation* (pp. 629–636). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-15995-4_78
- Bishop, C. (2007). *Pattern Recognition and Machine Learning*. (M. Jordan, J. Kleinberg, & B. Schölkopf, Eds.), Microsoft Research Ltd. Springer.
- Carneiro, T., Da Nobrega, R. V. M., Nepomuceno, T., Bian, G. Bin, De Albuquerque, V. H. C., & Filho, P. P. R. (2018). Performance Analysis of Google Colaboratory as a Tool for Accelerating



- Deep Learning Applications. *IEEE Access*, 6, 61677–61685. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2874767>
- Combrisson, E., & Jerbi, K. (2015). Exceeding chance level by chance: The caveat of theoretical chance levels in brain signal classification and statistical assessment of decoding accuracy. *Journal of Neuroscience Methods*, 250, 126–136. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2015.01.010>
- Ferrin-bolaños, C., Loaiza-correa, H., Diaz, J. P., & Ángel, P. A. V. (2019). Evaluación del aporte de la covarianza de las señales electroencefalográficas a las interfaces cerebro-computador de imaginación motora para pacientes con lesiones de médula espinal. *TecnoLógicas*, 22(46), 213–231. <https://doi.org/https://doi.org/10.22430/22565337.1392>
- Ferrin Bolaños, C. D., & Loaiza Correa, H. (2018). Interfaz cerebro-computador multimodal para procesos de neurorrehabilitación de miembros superiores en pacientes con lesiones de médula espinal: una revisión. *Revista Ingeniería Biomédica*, 12(24), 35–46. <https://doi.org/10.24050/19099762.n24.2018.1222>
- Gramfort, A., Luessi, M., Larson, E., Engemann, D. A., Strohmeier, D., Brodbeck, C., ... Hämäläinen, M. (2013). MEG and EEG data analysis with MNE-Python. *Frontiers in Neuroscience*, 7(7 DEC), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fnins.2013.00267>
- Gramfort, A., Luessi, M., Larson, E., Engemann, D. A., Strohmeier, D., Brodbeck, C., ... Hämäläinen, M. S. (2014). MNE software for processing MEG and EEG data. *NeuroImage*, 86(4), 446–460. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.10.027>
- Curve, D., Delisle-Rodriguez, D., Romero-Laiseca, M. A., Cardoso, V. F., Loterio, F., Bastos Filho, T., & Krishnan, S. (2019). Subject-specific EEG channel selection using non-negative matrix factorization for lower-limb motor imagery recognition. *Journal of Neural Engineering*. <https://doi.org/10.1088/1741-2552/ab4dba>
- Hassanien, A. E., & Azar, A. T. (Eds.). (2015). *Brain-Computer Interfaces: Current Trends and Applications* (Vol. 74). Cham: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-10978-7>
- Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2017). *The Elements of Statistical Learning*. (T. Hastie, R. Tibshirani, & J. Friedman, Eds.), *Springer Series in Statistics* (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/b94608>
- Jouppi, N. P., Borchers, A., Boyle, R., Cantin, P., Chao, C., Clark, C., ... Boden, N. (2017). In-Datacenter Performance Analysis of a Tensor Processing Unit. *ACM SIGARCH Computer Architecture News*, 45(2), 1–12. <https://doi.org/10.1145/3140659.3080246>
- Kouroupetroglou, G. (2014). *Assistive Technologies and Computer Access for Motor Disabilities*. (G. Kouroupetroglou, Ed.). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-4438-0>
- Lotte, F., Congedo, M., Lécuyer, A., Lamarche, F., & Arnaldi, B. (2007). A review of classification algorithms for EEG-based brain-computer interfaces. *Journal of Neural Engineering*, 4(2), R1–R13. <https://doi.org/10.1088/1741-2560/4/2/R01>
- Lotte, Fabien, Bougrain, L., Cichocki, A., Clerc, M., Congedo, M., Rakotomamonjy, A., & Yger, F. (2018). A review of classification algorithms for EEG-based brain-computer interfaces: a 10 year update. *Journal of Neural Engineering*, 15(3), 55. <https://doi.org/10.1088/1741-2552/aab2f2>
- McKinney, W. (2011). pandas: a Foundational Python Library for Data Analysis and Statistics (pp. 1–9). Retrieved from <https://www.semanticscholar.org/paper/pandas%3A-a-Foundational-Python-Library-for-Data-and-McKinney/1a62eb61b2663f8135347171e30cb9dc0a8931b5>
- Meisheri, H., Ramrao, N., & Mitra, S. (2018). Multiclass Common Spatial Pattern for EEG based Brain Computer Interface with Adaptive Learning



Classifier, 1–8. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1802.09046>

Minh, H. Q., & Murino, V. (2017). Covariances in Computer Vision and Machine Learning. *Synthesis Lectures on Computer Vision*, 7(4), 1–170. <https://doi.org/10.2200/S00801ED1V01Y201709COV011>

Parikh, K. S., & Shah, T. P. (2016). Support Vector Machine – A Large Margin Classifier to Diagnose Skin Illnesses. *Procedia Technology*, 23, 369–375. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.03.039>

Randles, B. M., Pasquetto, I. V., Golshan, M. S., & Borgman, C. L. (2017). Using the Jupyter Notebook as a Tool for Open Science: An Empirical Study. In *2017 ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries (JCDL)* (pp. 1–2). IEEE. <https://doi.org/10.1109/JCDL.2017.7991618>

Rivet, B., Souiloumiac, A., Attina, V., & Gibert, G. (2009). xDAWN Algorithm to Enhance Evoked Potentials: Application to Brain-Computer Interface. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 56(8), 2035–2043. <https://doi.org/10.1109/TBME.2009.2012869>

Rupp, R., Kleih, S. C., Leeb, R., Millan, J. del R., Kübler, A., & Müller-Putz, G. R. (2014). Brain-Computer Interfaces and Assistive Technology. In G. Grübler & E. Hildt (Eds.), *Brain-Computer-Interfaces in their ethical, social and cultural contexts* (Vol. 12, pp. 7–38). Dordrecht: Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-8996-7>

Seabold, S., & Perktold, J. (2010). Statsmodels: Econometric and statistical modeling with Python. *Proceedings of the 9th Python in Science Conference*, 57(Scipy), 61.

Shih, J. J., Krusienski, D. J., & Wolpaw, J. R. (2012). Brain-Computer Interfaces in Medicine. *Mayo Clinic Proceedings*, 87(3), 268–279. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2011.12.008>

Squire, L. R., Berg, D., Bloom, F. E., Du Lac, S., Ghosh, A., & Spitzer, N. C. (2012). *Fundamental Neuroscience: Fourth Edition*. <https://doi.org/10.1016/C2010-0-65035-8>

Steyrl, D., Scherer, R., Faller, J., & Müller-Putz, G. R. (2016). Random forests in non-invasive sensorimotor rhythm brain-computer interfaces: a practical and convenient non-linear classifier. *Biomedical Engineering / Biomedizinische Technik*, 61(1), 77–86. <https://doi.org/10.1515/bmt-2014-0117>

Van Der Walt, S., Colbert, S. C., & Varoquaux, G. (2011). The NumPy array: A structure for efficient numerical computation. *Computing in Science and Engineering*, 13(2), 22–30. <https://doi.org/10.1109/MCSE.2011.37>

Varoquaux, G., Buitinck, L., Louppe, G., Grisel, O., Pedregosa, F., & Mueller, A. (2015). Scikit-learn: Machine Learning in Python. *GetMobile: Mobile Computing and Communications*, 19(1), 29–33. <https://doi.org/10.1145/2786984.2786995>

Virtanen, P., Gommers, R., Oliphant, T. E., Haberland, M., Reddy, T., Cournapeau, D., ... Contributors, S. 1. 0. (2019). SciPy 1.0--Fundamental Algorithms for Scientific Computing in Python, 1–22. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1907.10121>

Wu, D., King, J.-T., Chuang, C.-H., Lin, C.-T., & Jung, T.-P. (2018). Spatial Filtering for EEG-Based Regression Problems in Brain-Computer Interface (BCI). *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 26(2), 771–781. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2017.2688423>

Xinyi Yong, Ward, R. K., & Birch, G. E. (2008). Robust Common Spatial Patterns for EEG signal preprocessing. In *2008 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* (pp. 2087–2090). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2008.4649604>



Yger, F., Berar, M., & Lotte, F. (2016). Riemannian approaches in Brain-Computer Interfaces: a review. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 25(10), 1753–1762. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2016.2627016>



Sistema de grabación de datos y video del avión Super -Tucano. Historia de un desarrollo

Fabio Ernesto Sandoval Alegría

Especialista en Sistemas Aeronáuticos, Fuerza Aérea Colombiana, JELOG-DILOA-SUMAN

Correo-e: fabio.sandovala@FAC.MIL.CO

Resumen.

El requerimiento para encontrar soluciones técnicas y de ingeniería que ayuden a mantener la operatividad y disponibilidad de equipos con costos moderados, han hecho que la Fuerza Aérea Colombiana haya encontrado alternativas de solución para mantener en funcionamiento diversos equipos. En este artículo se expone como la ingeniería y recursos tecnológicos disponibles en el país fueron aplicados en la habilitación y recuperación del sistema de grabación de video y datos del avión Super Tucano, aeronave eje en varias operaciones exitosas en la lucha de antiguerrilla. Se realizó el estudio de ingeniería que permitió entender el funcionamiento del monitor de visualización frontal, del procesador de datos principal y el cartucho de almacenamiento masivo. Se reemplazaron componentes del sistema, descifrando el funcionamiento del software asociado a él y así se aseguró su operatividad. Este importante resultado sirvió de base para proponer e implementar una reforma que permitiera una mayor velocidad de transferencia de datos Finalmente el sistema mejorado fue avalado por el ente certificador de la Fuerza Aérea Colombiana obteniendo el certificado aeronáutico que garantiza su operación segura y confiable en las aeronaves.

Palabras clave: Grabador de video y datos, Monitor de visualización frontal, cartucho de almacenamiento masivo, Procesador de datos principal, certificación aeronáutica.

Abstract.

The requiremenst for finding technical and engineering solutions which should help to maintain the operational capacity of equipment at low costs have led colombian air force to find alternative solutions to maintain several equipments in service. This paper explains how engineering solutions and use of technological resources available in Colombia were used to recover the data and video recording system of Supertucano which was a crucial airplane in several operations against guerrillas. An engineering research was done to understand the interrelation and functions of head up display , main data processor and massive memory cardridge. Components of the system were replaced and the softwa re which controls the system was studied assuring extended life in service for the video and data recording system. This important result was the first step to propose and implement a reform in the system which has significantly reduced time for data storage and data transference. Finally the improved system was certified by the Division of aeronautical certification of the defense which belongs

to colombian air force. This certificate assures a reliable operation of this system inside the airplanes.

Keywords: Data and video recorder, Head up Display, Massive memory cartridge, Main data processor, Aeronautical Certification

1 Introducción

Las aeronaves A-29, fabricadas por la Compañía Brasileira de Aeronáutica Embraer (EMB-314) marcaron un hito en la historia de la Fuerza Aérea Colombiana debido a sus capacidades, modernidad y precisión, siendo un factor determinante en la lucha contra la insurgencia que permitió que la guerrilla más antigua del continente se sentara a negociar.

Como parte de los sistemas que poseen estas aeronaves se encuentra el Data and Video Recorder (DVR) que permite a la aeronave grabar información del Head Up Display (HUD), datos de vuelo y video de las pantallas de la aeronave, incluido el sistema Forward Looking infrared (FLIR).

La flota Supertucano empezó a llegar al país el 14 de diciembre de 2006 y su sistema de descarga de datos contaba con una velocidad de 100 Mb/s teórica, lo que implicaba que por cada hora de grabación de misión se necesitara hasta el doble de tiempo para descargar la información y posteriormente realizar su análisis.

La descripción básica del sistema de descarga se puede apreciar en la Fig. 1. El sistema requiere de una unidad de almacenamiento compuesto por un dispositivo de estado sólido o Massive Memory Cartridge (MMC) compuesta por varios cartuchos de memoria (8x1GB), una unidad que realiza la interfaz entre la MMC y el computador o Dispositivo de Interfaz de usuario (DIU), basado en Ethernet 10/100 y un software de propiedad de Embraer que hace parte del Mission Planning/ Mission Debriefing System (MPS/MDS) para poder ver en tierra la misión realizada por las aeronaves, basados en computadoras PC.

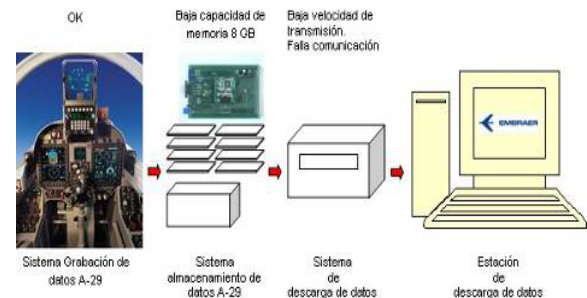


Figura 1. Descripción general sistema DVR A-29.
Fuente: El autor.

En 2013, para la participación de la flota Supertucano en el ejercicio internacional Mapple Flag (Oficina de prensa Fuerza Aérea Colombiana, 2013), realizado en Cold Lake, Alberta, Canadá, uno de los principales problemas logísticos y operacionales para asistir fue que no se disponía de suficientes MMC, DIU y estaciones MPS.

2 Metodología

La Fuerza Aérea realizó diagnóstico e inspección de cada equipo a reparar. Se realizó estudio de costos de reparación o reemplazo de componentes del sistema y de sus tiempos de reparación. Se tuvo en cuenta en todo momento, la máxima utilización de las capacidades ingenieriles propias de la Fuerza y el soporte técnico y de suministro con proveedores nacionales. La Dirección de Ingeniería y Mantenimiento de la Jefatura de Operaciones Logísticas fue encargada para mejorar la disponibilidad de los sistemas. Basado en la información recopilada, los costos y tiempos disponibles se decidió trabajar en la reparación de las MMC y habilitación de las estaciones MPS/



MDS. Las MMC tenían tiempos de reparación promedio de 6 meses y un valor aproximado de USD 5.000 (Información tomada de SAP), algunas de las estaciones MPS/MDS (4 de 8) estaban fuera de servicio debido principalmente a presencia de virus y falta de soporte (actualización), lo anterior debido a la ley de Moore (Moore, 1965) que expresa que aproximadamente cada dos años se duplica el número de [transistores](#) en un [microprocesador](#), y en igual medida la obsolescencia en los equipos de computo.

Una segunda fase del proyecto implicó mejorar ostensiblemente la velocidad de descarga de datos del sistema. El principal objetivo y aspecto crítico a tener en cuenta en esta fase fue el no afectar los protocolos y lenguajes propios de los sistemas de información de la aeronave y evitar perturbar su funcionamiento, lo cual habría causado grandes inconvenientes operativos a la flota. En esta fase se consultaron exhaustivamente los manuales del fabricante y se tomaron muy en cuenta los requerimientos del personal que opera directamente la aeronave.

3 Resultados

Como resultado del trabajo de casi 3 meses, se logró desarrollar un procedimiento de reparación local basado en remplazo de los cartuchos de memoria dañados físicamente y la modificación de la cadena de bits de información requerida para leer los datos.

De igual manera, se logró reparar las estaciones MPS/MDS que se encontraban fuera de servicio con remplazo de partes (Baterías, discos, Memorias). El resultado final fue de 4 estaciones MPS/MDS reparadas y más de 35 MMC reparadas por la Dirección de Ingeniería y mantenimiento (DIMAN) y transferencia del procedimiento de reparación al Comando de Combate No. 2 (CACOM-2) para continuar soportando estos equipos entre el 2014 y 2015. Los equipos en reparación se observan en la Fig. 2.



*Figura 2. Trabajos realizados MMC-MPS/MDS.
Fuente: El autor.*

Este desarrollo permitió ahorros sustanciales y disminución en los tiempos de reparación de las MMC pero no solucionó la necesidad operativa de reducir los tiempos de descarga de información. Esto, sumado a la disminución de las DIU por daños varios que dejó a la Fuerza con solamente 2 sistemas y que no pudieron ser reparadas localmente debido a un sistema de encriptación de 128 bits que no logró descifrarse. La falta de dispositivos para descarga de la información de los DVR hizo que la Dirección de Ingeniería y Mantenimiento trabajara en la concepción de un nuevo sistema de grabación, el cual para 2013 tenía un costo por aeronave de USD 350.000, incluyendo los estudios de ingeniería.

La dificultad y el riesgo de intervenir los protocolos de los sistemas de aviónica de la aeronave Supertucano (MIL-1553 y ARINC-429) hicieron pensar en un primer diseño con información independiente de la aeronave, basado en Global Positioning System (GPS), giróscopos y acelerómetros internos, con capacidad de grabación de video en formato Supervideo (S-VID) que se determinó basado en los manuales de la aeronave. El diagrama de bloques se observa en la Fig.3



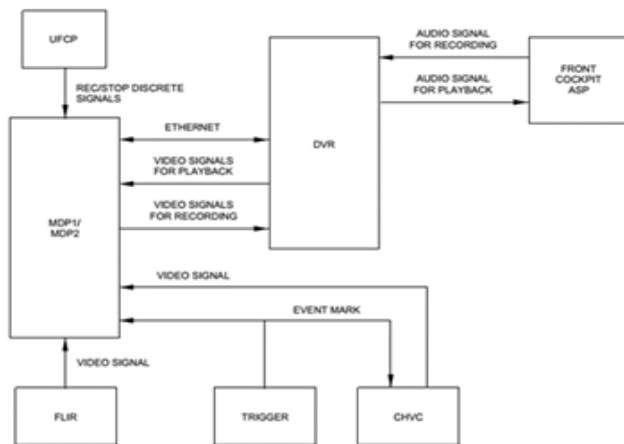


Figura 3. Diagrama de bloque funcionamiento DVR A-29. Fuente: A29 Aircraft maintenance manual AMM part I-2456-97-31-00. Data and video recorder. Page 5

Desde mediados del año 2015 se iniciaron los diseños y contactos con una de varias empresas consultadas para iniciar trabajos de fabricación de un prototipo el cual tuviera todas las características mencionadas, logrando además guardar la información en unidades USB por su bajo costo, velocidad y disponibilidad. El prototipo fabricado se instaló en una de las aeronaves A-29 y fue probado en tierra el 07 de abril de 2016.

A pesar de contar con las características requeridas inicialmente, al momento de consultar con la parte operativa, el dispositivo de prueba no tuvo acogida porque no se había tenido en cuenta la DTC (Data Transfer Card) que es el dispositivo donde los pilotos guardan su plan de misión, previa programación en el software MPS/MDS, consistente en una tarjeta PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association) y que obligaba a seguir dependiendo de la DVR original. A esto se sumó que el nuevo dispositivo no disponía de suficiente espacio en la cabina (Fig.4).

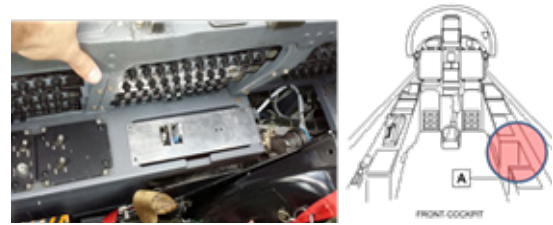


Figura 4. Trabajos realizados MMC-MPS/MDS. Fuente: A29 aircraft maintenance manual. AMM part I-2456-97-31-00. Data and video recorder (DVR). Page 9

Como decía el famoso escritor Charles Dickens "Cada fracaso enseña al hombre algo que necesitaba aprender". Faltaba aprender entonces como se relacionaban las señales de la DVR con las MDP (Main Data Processor) que son el cerebro de la aeronave (Fig. 5).

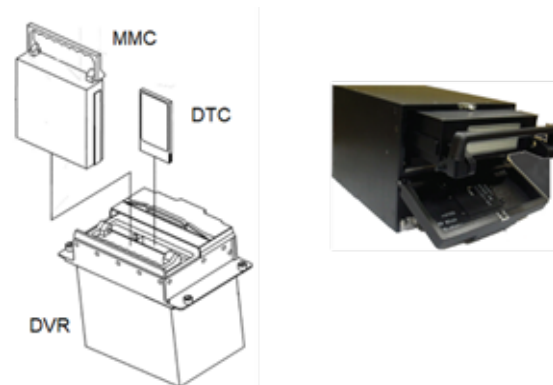


Figura 5. Diagrama de componentes DVR A-29. Fuente: Aircraft illustrated parts catalog. Fig 10. Page 1. AIPC2450.

La clave estuvo en los manuales del fabricante que especificaban comunicaciones ethernet para el envío y recepción de señales. Utilizando analizadores de protocolos se determinó la estructura de datos empleada para dar los comandos a la DVR, los cuales son ordenados desde las pantallas de la aeronave.

Teniendo en cuenta la operatividad y baja disponibilidad para trabajar en las aeronaves A-29,



se decidió utilizar el simulador de la aeronave que existe en la Fuerza Aérea Colombiana con el fin de destinar cientos de horas hombre a descifrar cual era la estructura de los datos de cada uno de los comandos que se ordenaban desde las pantallas de la aeronave. La estructura de trabajo para descifrar la información se muestra en la Fig.6.

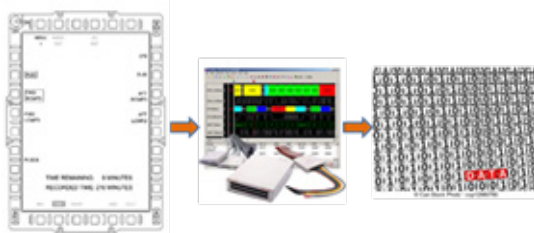


Figura 6. Estructura de trabajo para descifrar la información. Fuente: El Autor.

Una vez conocida la estructura de datos de cada comando, se modificó el diseño del primer prototipo, manteniendo las computadoras principales pero orientando su capacidad de procesamiento a transferencia de información sobre ethernet. Adicionalmente se diseñó un dispositivo basado en

USB que permitiera, además de grabar la información de video y datos, grabar y leer la información de la DTC con el fin de usar un solo dispositivo, pequeño, liviano y de alta velocidad de transferencia que permitiera una rápida transferencia de datos.

En el segundo semestre de 2016 se iniciaron los procesos de certificación con la Sección de Certificación Aeronáutica de la Defensa (SECAD) que es la encargada de normalizar y certificar productos aeronáuticos, para el fomento y desarrollo de industria aeronáutica nacional, quienes después de los procesos requeridos, incluidos vuelos de prueba y reuniones constantes con la parte operativa, dieron el certificado de calificación aeronáutica CCA 2016002 el 20 de diciembre de 2016 que se observa en la Fig.7



Figura 7. Copia Certificado de calificación aeronáutica CCA 2016002. Fuente: Oficina de certificación aeronáutica de la defensa (SECAD).

El dispositivo desarrollado fue totalmente compatible con la aeronave A-29 en la versión de la Fuerza Aérea Colombiana, mantuvo las mismas dimensiones físicas, permitiendo descargas 50 veces más rápidas que el equipo original además de cumplir con la normatividad exigida y es un producto desarrollado y ensamblado 100% en Colombia.

4 Discusión

En el contexto colombiano la sustitución de importaciones tanto de bienes como de servicios es una necesidad de las entidades estatales y de las entidades privadas por la disminución en presupuesto que representa satisfacer una necesidad tecnológica con ingeniería nacional o proveedores nacionales y al mismo tiempo por el apoyo al desarrollo de la industria e ingeniería nacional. El valor del sistema desarrollado con todos sus componentes DVR, MMC, DTC y DIU le cuesta a la Fuerza un 30 % del valor de fábrica, sin tener en cuenta los costos y tiempos de la cadena logística e impulsa la industria nacional.

5 Conclusiones

Este proyecto demostró una vez más el potencial del personal de la Fuerza, la capacidad de la Industria Nacional y que la voluntad de las instituciones cuando existe se traduce en misiones exitosas también en el campo científico y tecnológico.



Con el desarrollo tecnológico presentado, la Dirección de Ingeniería y Mantenimiento de la Fuerza Aérea Colombiana logró ahorrar un valor superior a los cinco millones de dólares en el desarrollo de ingeniería del fabricante teniendo en cuenta que el valor por aeronave se acercaba a 350 mil dólares y el total de aeronaves fue de 24.

Referencias

Cnet.com. (Febrero 11, 2003). Moore's law to roll on for another decade. <https://www.cnet.com/news/moores-law-to-roll-on-for-another-decade/>

Oficina de Prensa Fuerza aérea colombiana (2013). Se da inicio a maple flag 46. Colombia: Fuerza Aérea Colombiana. <https://www.fac.mil.co/en/se-da-inicio-maple-flag-46>



Cibernéticas evolutivas implicaciones en la transformación de la Industria 4.0

Giraldo Rendón, Juan Pablo

phD Ingeniería del Software – Profesor Asociado

Universidad de Manizales

Correo-e: jpgiraldo@umanizales.edu.co

Resumen.

El advenimiento mundial de las iniciativas 4.0, valoradas en los diferentes tipos de organizaciones y disciplinas presenta retos que se deben asumir y enfrentar desde las organizaciones sin importar su estado actual de desarrollo, para ello se requiere de claridad conceptual, metodológica, de aplicación y valoración, estos elementos se cubren en el texto, incluyendo como componente disruptivo la aplicación de las cibernéticas evolutivas como herramienta para los procesos de mejoramiento y medición de los avances del sistema en el tránsito a convertirse en una entidad 4.0, este se evidencia en la propuesta metodológica expresada en 5 fases, que van desde la caracterización hasta el capítulo de confluencia donde se da espacio a la construcción unificada de los objetivos organizacionales alrededor de la cuarta revolución industrial, los objetivos de sostenibilidad del milenio y como se hacen partícipes como piezas de rompecabezas en la agenda de desarrollo 4.0.

Palabras clave: cibernéticas, cibernéticas evolutivas, gestión tecnológica , industria 4.0, revoluciones industriales, sostenibilidad.

Abstract.

The worldwide advent of initiatives 4.0, valued in the different types of organizations and disciplines presents challenges that must be assumed and faced from organizations regardless of their current state of development, for this requires conceptual, methodological, application and assessment clarity , these elements are covered in the text, including as a disruptive component the application of evolutionary cybernetics as a tool for the improvement processes and measurement of the progress of the system in transit to become a 4.0 entity, this is evidenced in the methodological proposal expressed in 5 phases, ranging from characterization to the confluence chapter where space is given to the unified construction of organizational objectives around the fourth industrial revolution, the millennium sustainability goals and how to participate as puzzle pieces in the development agenda 4.0.

Keywords: Cybernetics, evolutive cybernetic, Technology management, industry 4.0, industry revolutions, sustainability.

1 Introducción

El concepto de industria 4.0 desarrollado inicialmente en Alemania generó una bola de nieve de transformaciones en diferentes niveles y en áreas como la economía, salud, manufactura, comunicaciones, gobierno entre muchas otras. Se reconoce que algunas estuviesen más preparadas que otras para enfrentar esta gigantesca avalancha de estructuras, tecnologías, definiciones, aplicaciones, unidos con la transformación mundial alrededor del desarrollo sostenible, las implicaciones de cada uno de estos elementos presenta desafíos de aplicación. El presente documento plantea posibilidades para el reconocimiento de los componentes que hacen parte de estos desafíos incluyendo un capítulo que asocia el desarrollo histórico de las revoluciones industriales con las consideraciones de la cibernética de primero y segundo orden, terminando en las cibernéticas evolutivas como punto de quiebre para la reconstrucciones actuales y futuras de los desarrollos socio-técnicos y socio-tecnológicos, apoyados en una propuesta metodológica de confluencia descrita en el capítulo 5, esta se soporta en las definiciones y estructuras de la sostenibilidad – capítulo 4, desarrollo de las revoluciones industriales en el capítulo 3. Con estos componentes se plantea una argamasa que permita construir un modelo general de sistema para la evolución empresarial en la cuarta revolución industrial.

2 Cibernética

Se dará un entorno inicial conceptualizando algunos elementos que permitan desarrollar la conjunción entre el desarrollo de la cibernética y su relación con el desarrollo industrial y organizacional.

“La cibernética estudia los conceptos de control y comunicación en organismos vivos, máquinas y organizaciones, incluida la autoorganización. Se centra en cómo un sistema (digital, mecánico o biológico) procesa la información, responde a ella y cambia o cambia para un mejor funcionamiento (incluido el control y la comunicación).”

Así la cibernética es una ciencia interdisciplinaria. Se originó “en la unión” de las matemáticas, la lógica, la semiótica, la fisiología, la biología y la sociología.” (Novikov, 2016)

De esta versión y de sus posteriores construcciones surgen redefiniciones, tendencias, y líneas de trabajo. Se presentan los componentes que dieron origen al concepto.

Tabla 1. Línea de tiempo concepto de cibernética . (American Society of Cybernetics, 2019)

S5 AC Platón	Primer registro de Kybernetike como el arte de la navegación y el control orientado a la Ciencia de la gestión y gobierno efectivo
S3 AC Crisipo	Define el calculo proposicional
1200 Ramon Llull	Diseña máquinas configuradas para reflejar estructuras lógicas y permutaciones
1300	Invención del reloj mecánico
1600 Cornelis Drebbel	Dispositivo para el control de temperatura de un horno
1700	El reduccionismo (presunción de que analizar los elementos constituyentes es suficiente para la comprensión)
Leibniz	Desarrolla trabajo sobre lógicas formales, modelos lógicos y lógica como lenguaje universal
1788 Watt	Diseño del regulador centrífugo de flyball para regular la velocidad de su máquina de vapor
1793 Breguet	Sistema de retroalimentación de circuito cerrado para sincronizar los relojes



1801 <i>Joseph Jacquard</i>	<i>Inventa un telar controlado por tarjetas reconfigurables: la primera máquina de producción programable</i>
1833 <i>Charles Babbage</i>	<i>Concibe y describe su motor analítico</i>
1834, 1838, 1845 <i>Andre-Marie Ampère</i>	<i>Invoca el término cibernética para denotar "el arte de gobernar" o "política".</i>
1843 <i>Bronislaw Trentowski</i>	<i>Publica Cybernetyka, una visión de actividades humanas unificadas, principio transdisciplinario, como respuesta para capturar el rango de conocimiento requerido para la gestión.</i>
1855 <i>Claude Bernard</i>	<i>Presenta la idea de la homeostasis</i>
1860	<i>La telegrafía transcontinental y transoceánica presenta la primera red de comunicaciones global.</i>

2.1 Cibernéticas de primer orden

"La cibernética de primer orden se refiere a procesos causales circulares, por ejemplo, control, retroalimentación negativa, computación, adaptación" (Krippendorff, 1986)

Quizás la contribución más fundamental de la cibernética es su explicación del propósito, o comportamiento dirigido a objetivos, una característica esencial de la mente y la vida, en términos de control e información. Este proyecta la Teoría del control y teoría de la comunicación

Tabla 2. Línea de tiempo concepto de cibernética de primer orden . (American Society of Cybernetics, 2019)

1912, 1913 <i>Alexander Bogdanov</i>	<i>Tektology: Universal Organization Science. uno de los primeros tratados sobre las relaciones parciales / completas en los sistemas. todas las ciencias físicas, biológicas y humanas podrían unificarse tratándolas como sistemas de relaciones</i>
1921 <i>Karl Capek RUR</i>	<i>La palabra 'robot' aparece por primera vez, deriva del checo 'robota', que significa 'siervo' o 'trabajo subordinado.</i>
1924 <i>Alfred James Lotka</i>	<i>Publica Elementos de biología física (más tarde citado como precedente de algunos principios de cibernética)</i>
1925 <i>Vannevar Bush et al</i>	<i>Desarrollan la primera computadora analógica, capaz de resolver ecuaciones diferenciales.</i>
1931 <i>Kurt Gödel</i>	<i>Teorema de Gödel, punto de referencia canónico en los debates sobre la cognición humana como procesamiento simbólico e inteligencia humana versus máquina.</i>
1934 <i>HL Házen</i>	<i>Teoría de los servomecanismos , presentando la teoría de control matemático para el diseño del controlador del sistema.</i>
1936 <i>Alan Turing</i>	<i>Especifica la máquina abstracta de Turing</i>
1937 <i>Ludwig von Bertalanffy</i>	<i>Primera conferencia describiendo la Teoría General de Sistemas (GST) como una metodología interdisciplinaria válida para todas las ciencias</i>



1940	<i>El Laboratorio de Radiación del MIT se estableció para investigar los problemas de control y procesamiento de la información</i>
1942 Isaac Asimov	<i>La palabra 'robótica' aparece por primera vez.</i>
1940 Norbert Wiener	<i>Analiza los sistemas de procesamiento de información con modelos de procesos estocásticos</i>
1945 John von Neumann	<i>Describe las bases formales para autómatas celulares.</i>
1946 Eckert y Mauchly	<i>Construyen la primera computadora electrónica grande (ENIAC) en la Universidad de Pennsylvania.</i>
1946 John von Neumann	<i>Formula el concepto de un 'programa' almacenado, preparando el escenario para la programación flexible de computadoras.</i>
1946 Norbert Wiener	<i>Conferencia: "Mecanismos de retroalimentación y sistemas circulares causales en sistemas biológicos y sociales", nace la cibernética</i>
1947 Warren Weaver	<i>Artículo "Ciencia y complejidad", describe una taxonomía para la complejidad del sistema</i>

2.2 Cibernéticas de segundo orden

"La cibernética de segundo orden, involucra al observador como parte constitutiva de una organización circular y se ocupa de la autorreferencia, epistemología, autonomía, autogobierno, autopoiesis entre otros conceptos." (Krippendorff, 1986)

El concepto central de la cibernética de segundo orden es un observador como sujeto que refina al sujeto del objeto (de hecho, cualquier sistema es un "modelo" generado a partir de la realidad para un determinado propósito cognitivo y desde cierto punto de vista / abstracción).

Tabla 3. Línea de tiempo para la cibernética segundo orden . (American Society of Cybernetics, 2019)

1948 Claude Shannon	"Teoría matemática de la comunicación" Define el bit como unidad fundamental de los datos.
1948-1949 Gray Walter	Crea máquinas autónomas llamadas Elmer y Elsie que imitan el comportamiento realista
1950 Arthur Iberall	Funda el campo de la "homeocinética" (el estudio de sistemas físicos complejos)
1956 Ross Ashby	publica "Introducción a la cibernética"
1956 George A. Miller	Artículo sobre el "número mágico siete, más o menos dos"
1956 La conferencia de Dartmouth	Lanza el campo de la inteligencia artificial
1956 Jay Forrester	Funda el campo de la dinámica de sistemas.
1959 Stafford Beer	Cybernetics and Management , considerado el trabajo fundamental en la gestión de la cibernética.



1960	<i>Desarrollan modelos matemáticos y aplicaciones computables en la dinámica de sistemas.</i>
Jay Forrester y otros	
1968	<i>La cibernética dirige su atención hacia sí misma (a través de la atención a 'la cibernética de la cibernética'), y nace la cibernética de segundo orden</i>
1968	
Ludwig von Bertalanffy	<i>Publica General System Theory</i>
1973	
Maturana y Varela	<i>Introducen el término 'auto-poesis'</i>
1982	
Niklas Luhmann	<i>Publica su artículo "La sociedad mundial como sistema social"</i>
1990	
	<i>El campo de la 'sociocibernética' se fusiona</i>
1995	
Heinz von Foerster y Steven Carlton	<i>Vuelven a publicar el compendio Cybernetics of Cybernetics</i>

Las condiciones de observación hacia el sujeto, al objeto y finalmente del modelo de comportamiento, plantean un concepto que se extiende al de organización y teoría de la organización. De acuerdo con la definición proporcionada por el diccionario Merriam-Webster, una organización es: 1. La condición o forma de organizarse; 2. El acto o proceso de organización o de organizarse; 3. Una estructura administrativa y funcional (como empresa o en política); también debe considerarse a los actores de dicha estructura como observadores y observados. Se utiliza esta noción de "organización" principalmente en su segundo y primer significado, como un proceso y como resultado de este proceso. El tercer significado (un sistema organizacional) como una clase de

objetos controlados aparece en la teoría del control en los sistemas organizacionales. Este último da espacio a nuevas tendencias de aplicación. Estas tendencias se pueden estructurar en la siguiente Fig. 1 Composición y estructura de la cibernética 2.0.

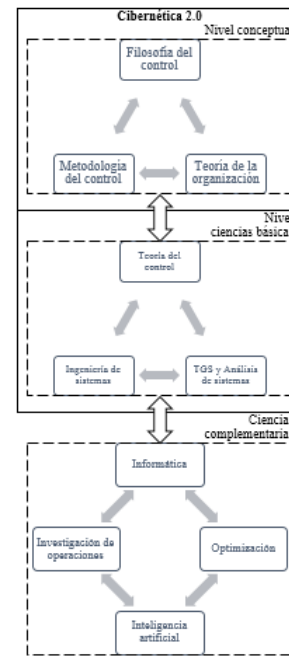


Fig. 1 Composición y estructura de la cibernética 2.0. (Novikov, Cybernetics 2.0, 2016) Adaptado por Juan Pablo Giraldo Rendón

Este estructura se segmenta en los componentes fundantes (Epistemología) y sus aplicaciones en dos niveles, en ciencias básicas y en ciencias complementarias, creando fundamentaciones para la reconstrucción o replanteamiento de la cibernética.

Así pues la cibernética se estructura como campo y como marco teórico siendo un tema de estudio para algunos grupos, como el *Principia Cybernetica Project*, que intenta integrar la cibernética con teoría evolutiva, y la *Sociedad Americana de Cibernética*, que desarrolla aún más el enfoque de segundo orden. El movimiento *socio-cibernético* persigue activamente una comprensión cibernética de los sistemas sociales.



2.3 Cibernéticas Evolutiva

Como un nuevo espacio de construcción se define como los procesos de variación y selección que dan lugar a la organización. Es el estudio de la dinámica de las distinciones, conexiones, variedad, cierre y restricción, condicionada a una complejidad organizada. (Joslyn & Turchin, 2001).

Esta complejidad plantea estudiar y analizar las organizaciones desde su origen y desarrollo de manera multidimensional parafraseando a Heylighen, en (Heylighen, Evolutionary cybernetics, 2000): Los componente de estudio para las organizaciones son variados en sus disciplinas tales como Naturaleza, sociedad, tecnologías, origen y principios fundantes. Conlleva entonces unido el concepto de multidisciplinariedad e interdisciplinariedad.

Los análisis desde sus diferentes dimensiones se apoyan en el principio de gestión del sistema, soportado en la Fig.2 Componentes de un sistema de control. Su aplicación se extiende a organizaciones, sus sistemas y sus subsistemas.

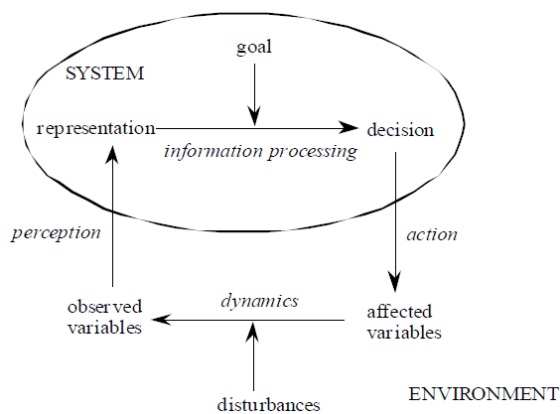


Fig. 2 Componentes de un sistemas de control (Heylighen & Joslyn, Cybernetics and Second-Order cybenetics, 2001)

El diagrama es representativo como forma de aplicación para análisis de las organizaciones, sin importar su tamaño, las formas de análisis se

pueden desarrollar al interior y desde el exterior de la organización. Estas dos formas de visualizar la organización son complementarias. Al interior del sistema se analiza desde lo general a lo particular y se detalla de lo particular a lo general; como parte de la aplicación de las cibernéticas involucradas se consideran los componentes externos y sus relaciones, la primera vez que se definen es a través de los procesos internos con los cuales se interrelacionan o donde sean partícipes como eventos o actores externos. Lo externo, se analiza en múltiples formas con sus variables, el entorno, sus interacciones y principalmente procesos de retroalimentación.

Los análisis allí demarcados permiten crear modelos que determinan el comportamiento como se denota en la Fig 3. Modelamiento de las relaciones.

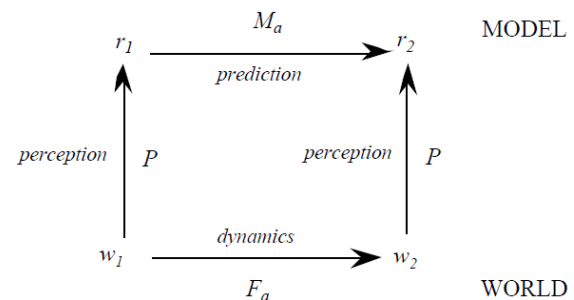


Fig. 3 Modelamiento de las relaciones (Heylighen & Joslyn, Cybernetics and Second-Order cybenetics, 2001)

El sistema / empresa corresponde al modelo del mundo, el cual ha de ser modelado; el salto de w_1 , w_2 , ... w_n son evoluciones dinámicas temporales (F_a) ocasionadas por acciones demarcadas como (a), este representa el componente externo. El componente interno se conforma por un conjunto de estados o relaciones $R(r_1, r_2, \dots r_n)$ demarcado como el modelo (M_a) donde (a- son las acciones – funciones), este componente desarrollado en el tiempo plantea la predicción, es la anticipación reconocible de R bajo las acciones (a). La percepción $P:W \Rightarrow R$ representa un mapa de estados del



mundo. Las ecuaciones que representan esta descripción son (Heylighen & Joslyn, Cybernetics and Second-Order cybernetics, 2001):

A manera de conclusión inicial se puede definir que cada evento regulador (a) puede convertirse en un modelo del sistema.

3 Industrialización

"... La modernidad tecnológica implica una economía en la cual el progreso tecnológico sostenible es el principal motor del crecimiento, y de eso depende la persistencia del progreso tecnológico. Lo que se necesita es una buena teoría que dé cuenta de la clase de factores que hacen sostenible el progreso tecnológico." (Mokyr, 2005)

3.1 Revoluciones industriales

Desde hace unos años se puso de moda hablar de las revoluciones industriales, vamos a asumir que aún tenemos oportunidad de decir algo al menos en lo relacionado con algunas condiciones y características que nos permitan considerar estas revoluciones desde el punto de vista de la(s) cibernéticas(s).

Para este caso tendremos en cuenta el análisis realizado por Ricardo Méndez Gutiérrez del Valle (Méndez Gutiérrez del Valle) y por la definiciones de (Schwab, 2016) en el foro económico mundial, se detalla entonces así:

La *primera revolución industrial* corresponde a la mecanización, uso del agua, y la energía del vapor para mecanizar la producción.

Tabla 4. Estructura primera revolución industrial

	Primera Revolución
Tipos de industria	Industria metalúrgica y textil
Transporte y comunicación	Ferrocarril Teléfono Telégrafo

Fuente de energía	Carbón – Máquinas de vapor
Localización	Yacimiento Puertos Artesano
Empleo	Obrero Movimiento obrero
1800	1900

De los componentes reconocibles de las cibernéticas en las fechas relacionadas se encuentran; Telar programable, Motor analítico, Telegrafía transcontinental.

La *segunda revolución industrial* se determinará por la producción en serie y el uso de la energía eléctrica para la producción en masa.

Tabla 5. Estructura segunda revolución industrial

	Segunda Revolución
Tipos de industria	Motores Industria química Siderúrgica Aparatos eléctricos
Transporte y comunicación	Coche Avión Radio TV
Fuente de energía	Petróleo Electricidad
Localización	Ciudades Obreros calificados Sindicalización
1900	1970



Asociados a los desarrollos generales se verifican grandes desarrollos desde la cibernética: La definición del bit, inicia dinámica de sistemas, surge teoría general de sistemas.

La *tercera revolución industrial* se determina por la automatización y uso de la electrónica y tecnologías de la información para automatizar la producción.

Tabla 6. Estructura tercera revolución industrial

	<i>Tercera Revolución</i>
<i>Tipos de industria</i>	<i>Micro-electrónica</i> <i>Informática</i> <i>Biotechnología</i>
<i>Transporte y comunicación</i>	<i>Coche / Avión</i> <i>Trenes de alta velocidad</i> <i>Vehículos con biocarburantes</i> <i>Comunicación satélite</i> <i>Internet</i>
<i>Fuente de energía</i>	<i>Nuclear</i> <i>Petróleo</i> <i>Energías alternativas</i>
<i>Localización</i>	<i>Difusión espacial</i> <i>Deslocalización</i> <i>Tecnificación</i>
<i>Empleo</i>	<i>Flexibilidad</i> <i>Precariedad laboral</i>
<i>1970</i>	<i>2007</i>

En este segmento de tiempo se genera una gran explosión en múltiples dimensiones, entre ellos se consideran desde la cibernética los siguientes avances: Teoría General de Sistemas, Programación de computadores, inicia la robótica y la automatización, computación y sistemas

operativos, consolas de juego, comercio electrónico, dispositivos móviles.

3.2 Cuarta revolución industrial

Desde los conceptos de (ACATECH (National Academy of Science and Engineering) , 2013), se plantea que la cuarta revolución busca liderar la oferta de equipos y soluciones para la producción industrial y su aplicación en entornos industriales mediante la integración de la cadenas de valor y la digitalización de todo el proceso productivo

También es reconocida por (Schwab, 2016), como el punto de fractura donde la Robótica, el uso de sistemas ciber-físicos, la fusión de tecnologías, convergen haciendo difusa la frontera entre las esferas física, digital y biológica.

Estas definiciones se soportan en las condiciones y transformaciones y aplicaciones que se han visualizado en las últimas décadas, se realiza una rápida revisión de estos casos, con base en las apreciaciones de (ACATECH (National Academy of Science and Engineering) , 2013). En la actualidad el aproximadamente el 90% de la industria manufacturera se encuentra soportada con Tecnologías de las Información y la Comunicación (TIC). La evolución de las PC en dispositivos inteligentes ha sido acompañada por una tendencia a proporcionar más y más infraestructura y servicios de TI a través de redes inteligentes (computación en la nube). La miniaturización e internet, demarca el comienzo de un mundo donde la computación ubicua se convierte en una realidad. Los microcontroladores autónomos unidos con sistemas integrados están cada vez más conectados entre ellos y a internet de manera inalámbrica, el resultante es la convergencia del mundo físico y el mundo virtual (ciberspacio) en forma de Sistemas Ciberfísicos. El desarrollo de internet y la modificación de direcciones usando IPv6 permite la conectividad de dispositivos haciendo posible conectar en red recursos, información, objetos y personas para crear el Internet de las Cosas e Internet de servicios. En el ámbito de la fabricación, esta



evolución tecnológica puede describirse como la cuarta etapa de la industrialización, o Industrie 4.0.

Sin embargo, es crucial considerar las innovaciones tecnológicas dentro de su contexto sociocultural, ya que los cambios culturales y sociales también son los principales impulsores de la innovación por derecho propio. El cambio demográfico, por ejemplo, tiene el potencial de transformar todas las áreas clave de nuestra sociedad, como la forma en que se organiza el aprendizaje, la naturaleza del trabajo y la salud a medida que las personas viven vidas más largas y la infraestructura de las comunidades locales se modifican las condiciones del entorno y los procesos de retroalimentación que los acompañan.

Desde la industria 4.0, es necesario considerar iniciativas con gran potencial como:

- **Satisfacción del cliente.** Involucrarlo en cadena productiva.
- **Flexibilidad.** Con los sistema ciberfísicos se reconfigura de manera dinámica el núcleo del negocio, modificando procesos, procedimientos, protocolos, calidad, tiempos de respuesta, precio, y medio ambiente. Implica procesos de ingeniería más rápidos.
- **Optimización en la toma de decisiones.** Industria 4.0 proporciona transparencia de extremo a extremo en tiempo real, lo que permite verificación de decisiones de diseño en el ámbito de ingeniería y la producción. La transparencia se extiende al ámbito gubernamental para la toma de decisiones.
- **Productividad y eficiencia de recursos.** Desarrollo de la logística en múltiples frentes para la gestión de grandes volúmenes de recursos. Optimizando la producción incluyendo el consumo de energía y reduciendo emisiones.
- **Crear oportunidades de valor a través de nuevos servicios.** Los algoritmos inteligentes se pueden aplicar a las grandes cantidades de datos diversos (big data) registrados por dispositivos inteligentes para proporcionar servicios innovadores.
- **Responder al cambio demográfico.** La colaboración interactiva entre los seres humanos y los sistemas tecnológicos proporcionará a las empresas nuevas formas de aprovechar el cambio demográfico. Así mismo la industria 4.0 permitirá carreras profesionales diversas y flexibles que permitirán a las personas seguir trabajando y seguir siendo productivas durante más tiempo.
- **Equilibrio trabajo y vida.** Mayor flexibilidad en el trabajo. Los sistemas de asistentes inteligentes brindaran nuevas oportunidades de organizar el trabajo y de modificar estándares en las organizaciones.
- **Economía de altos salarios.** Conversión en mercados líderes. Ha de permitir un cambio de las condiciones, nuevos empleados con altas remuneraciones.
- **Nuevas estructuras sociales.** Delimitadas y orientadas por la gestión del conocimiento. Generando nuevas formas de interacción humano-tecnológicas.
- Para ello se recomiendan acciones tales como:
 - Construir entendimiento compartido de objetivos, beneficios, riesgos con el objeto de implementar estrategias para la implantación de procesos 4.0.
 - Alineación con terminologías clave comunes:
 - Definir modelos universales tanto de referencia como de diseños de arquitectura.
 - Estandarizar las arquitecturas de servicio.
 - Estándares para una descripción funcional y para una supra automatización.
 - Normas de terminología y uso de ontologías.



- Comprensión de los sistemas autónomos y autoorganizados, incluida su planificación, operación y seguridad.
- Mantenimiento de características y descripción de la estructura del sistema.
- Enfoque para migrar arquitecturas existentes
- Analizar de lo general a lo particular, realizar el trabajo desde los subsistemas considerando costo-beneficio y restricciones de tiempo.
- Crear comunidad 4.0.
- Integrar estrategias de seguridad.
- Realizar salto cuántico y la migración de la industria 3.0 a la 4.0 y en algunos casos de la 2.0 a la 4.0
- La industria 4.0 vista desde las personas y los nuevos trabajos.
- Plataformas para la gestión del conocimiento de stakeholders internos y externos.
- Promocionar industria 4.0 como un modelo de trabajo y aprendizaje interdisciplinario.
- Considerar el replanteamiento de indicadores
- Adoptar del desarrollo de iniciativas orientadas a la eficacia y eficiencia.
- Desarrollar el mejoramiento en la productividad.
- 4 Sostenibilidad
- La sostenibilidad demarcada en las perspectivas inherentes de la industria 4.0 y los cambios que promueve los cuales afectan el flujo de materias primas, energías, productos, residuos, activos, e información, aportando a la generación de sociedades más sostenibles tanto para los participantes (Grupos sociales) como para los gobiernos. (Bonilla, S. , Silva, Helton, Silva, Marcia, & Gonçalves, Rodrigo, 2018)
- Como lo expresa Yong director general de la ONUDI, La industria 4.0, es tanto una oportunidad como un desafío. Tiene el potencial de mejorar la producción mundial de fabricación para satisfacer las crecientes necesidades humanas sin dañar el medio ambiente. En otras palabras, puede hacer que el mundo sea más sostenible. Al mismo tiempo, el miedo a la pérdida significativa de empleos que provocará es real. Se corre el riesgo de ampliar la desigualdad entre los países desarrollados y otras naciones. La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) ha estado a la vanguardia para garantizar que el mundo obtenga lo mejor de esta transición. (Madhavan, N, 2019)
- En el espacio de esta transición se presentan algunos escenarios, que (Duinker & Greig, 2007) presentan:
- El despliegue de la Industria 4.0: se refiere a la evolución desde el nivel actual de la industria hasta alcanzar el nivel de Industria 4.0. Esto incluye la infraestructura necesaria para la implantación de los elementos fundamentales para alcanzar la condición operacional.
- Operación de la Industria 4.0: se refiere a la etapa operativa, en la cual las empresas están transformando entradas (Considerar todos los recursos posibles) en salidas. Bajo este escenario, discutimos los diferenciales de la Industria 4.0 o ventajas creadas por las tecnologías subyacentes y sus efectos en los flujos de entrada y salida.
- Compatibilidad con los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible): Analiza las posibilidades y los impactos desde el punto de vista de la ONU y los Objetivos (ODS). Debe involucra subconjuntos de los ODS más relacionados con objetivos ambientales y de la organización para apoyar la construcción, retroalimentación, y modelamiento.



- **Largo plazo:** Este escenario implica un análisis prospectivo, o proyección, de posibles resultados positivos y efectos negativos a largo plazo y crecientes de los impactos en la sostenibilidad.

Estos escenarios nos plantean espacios en los cuales se puede avanzar de manera estructurada como si fueran fases de un gran proyecto, en los cuales se considera el objetivo a ser alcanzado y casos problemáticos, estos se pueden ver así:



Fig. 4 Fases para la sostenibilidad 4.0 (Construcción propia)

Estas formas nos dan un panorama muy general de aplicación, que deben ir asociados con componentes más detallados que permitan planificar mejor las acciones a seguir.

4.1 Indicadores de sostenibilidad y desarrollo sostenible

Con base en esta caracterización realizada hasta el momento se reconoce un generalidad de los alcances posibles, pero es necesario determinar el involucramiento directo en estas iniciativas, delimitadas por los objetivos de desarrollo sostenible y sus indicadores, para ello se hará referencia al manual de las naciones unidas para indicadores, de

allí se revisaran características de indicadores en diferentes países. (Quiroga Marínez, 2007)

Tabla 7. Indicadores sugeridos por países 2001 (Quiroga Marínez, 2007, pág. 82)

<i>Indicadores sugeridos 2001</i>
<i>Incidencia de enfermedades relacionadas al ambiente</i>
<i>Porcentaje de la población con acceso a servicio de salud</i>
<i>Tasa de criminalidad</i>
<i>Incidencia de niños de la calle</i>
<i>Espacios verdes urbanos</i>
<i>Contaminación de aguas subterráneas</i>
<i>Relación de áreas mineras rehabilitadas respecto de áreas mineras total</i>
<i>Área de ecosistemas específicos</i>
<i>Propiedad de la tierra agrícola</i>
<i>Tasa de ahorro genuino</i>
<i>Densidad de tráfico</i>
<i>Introducción de organismos genéticamente modificados</i>

Tabla 8. Indicadores propuestos 2006 (Quiroga Marínez, 2007, pág. 84)

<i>Temas</i>	<i>Subtemas</i>
<i>Pobreza</i>	<i>Pobreza salarial</i>
	<i>Sanitario</i>
	<i>Agua bebestible</i>
	<i>Acceso a energía</i>
	<i>Condiciones de vida</i>
<i>Gobernanza</i>	<i>Buena gobernanza</i>
	<i>Tecnologías de información y comunicación</i>
	<i>Crimen</i>



<i>Equidad</i>	<i>Ingresos</i> <i>Igualdad de género</i>		<i>Desempeño macroeconómico</i>
<i>Salud</i>	<i>Mortalidad</i> <i>Acceso a salud</i> <i>Estado nutricional</i> <i>Estado de salud y riesgo</i>	<i>Desempeño económico</i>	<i>Financiamiento público sostenible</i> <i>Empleo</i> <i>Investigación y desarrollo</i> <i>Turismo</i> <i>Preparación y respuesta ante desastres</i>
<i>Educación</i>	<i>Nivel de educación Alfabetización</i>	<i>Asociación global</i>	<i>Comercio</i> <i>Financiamiento externo</i>
<i>Demografía</i>	<i>Cambios demográficos</i> <i>Vulnerabilidad ante desastres naturales</i>	<i>Patrones de producción y consumo</i>	<i>Consumo de materiales</i> <i>Uso de energía</i> <i>Generación y manejo de residuos</i> <i>Transporte</i>
<i>Atmósfera</i>	<i>Cambio climático</i> <i>Adelgazamiento de la capa de ozono</i> <i>Calidad del aire</i>		
<i>Tierra</i>	<i>Uso y estado del suelo</i> <i>Agricultura</i> <i>Bosques</i> <i>Desertificación</i>		
<i>Océanos, mares, costas</i>	<i>Zonas Costeras</i> <i>Pesca</i> <i>Ambiente Marino</i>		
<i>Agua fresca</i>	<i>Cantidad de las aguas</i> <i>Calidad de aguas</i>		
<i>Biodiversidad</i>	<i>Ecosistemas</i> <i>Especies</i>		

Tabla 9. Indicadores ambientales OCDE 2006
(Quiroga Marínez, 2007, pág. 87)

<i>Indicadores OCDE 2006</i>
<i>Cambio climático</i>
<i>Capa de ozono</i>
<i>Calidad del aire</i>
<i>Generación de residuos</i>
<i>Calidad de agua fresca</i>
<i>Recursos de aguas frescas</i>
<i>Recursos de bosques</i>
<i>Recursos de pesca</i>
<i>Recursos de energía</i>
<i>Biodiversidad</i>

Otros objetivos e indicadores se plantearon en la llamada “Cumbre del milenio” en el año 2000,



en ella 42 países estuvieron de acuerdo en definir los *Objetivos de Desarrollo del Milenio* (ODM), definidos como un marco común de referencia y de medición para el desarrollo humano y sostenible del planeta, estos se detallan así (Quiroga Marínez, 2007, pág. 90):

Tabla 10. Objetivos, Metas ODM 2000

Objetivos ODM
1. Erradicar la extrema Pobreza y el Hambre
2. Lograr la enseñanza Primaria Universal
3. Promover la igualdad entre géneros y la autonomía de la mujer
4. Reducir la mortalidad infantil
5. Mejorar la salud materna
6. Combatir el HIV/SIDA, el Paludismo y otras enfermedades
7. Garantizar el medio ambiente
8. Fomentar una Asociación Mundial para el desarrollo

Sin quedarse atrás la unión europea presento los indicadores para desarrollo sostenible, segmentados en temas así

Tabla 11. Objetivos, Metas ODM 2000 (Quiroga Marínez, 2007, pág. 94)

Temas
Desarrollo económico
Pobreza y exclusión social
Envejecimiento de la sociedad
Salud pública
Cambio climático y energía
Pautas de producción y consumo
Manejo de los recursos naturales
Transporte
Gobernanza
Asociación global

El gobierno de Estados Unidos presento un conjunto de indicadores de desarrollo sostenible agrupados en subtemas así (Quiroga Marínez, 2007, pág. 128):

Tabla 12. Indicadores USA (Quiroga Marínez, 2007, pág. 128)

Sub Temas
Prosperidad económica
Responsabilidad fiscal
Avance tecnológico y científico
Empleo
Equidad
Vivienda
Consumo
Estado de los recursos naturales
Calidad del aire y agua
Contaminación y materiales peligrosos
Integridad ecosistémica
Cambio climático global
Agotamiento ozono estratosférico
Población
Estructura familiar
Artes y recreación
Involucramiento de la comunidad
Educación
Seguridad pública
Salud humana

Los componentes, temas, subtemas indicadores, enlistados en los diferentes conjuntos presentados en este numeral se convierten en componentes del entorno necesarios para las consideraciones y construcciones asociadas a la industria 4.0.

5 Confluencia

Para revisar el uso de este conjunto de indicadores y lo que tienen que ver con el ejercicio de proyectar una industria 4.0, o con los componentes de arquitecturas asociados en la construcción a



nuevas estructuras industriales y organizacionales, se desarrollará una conjunción entre estas tres temáticas.

En capítulos anteriores se plantean fases asociadas al concepto de sostenibilidad, pero en una descripción general, el concepto se le dará aplicación a modelo de ciclo de vida:

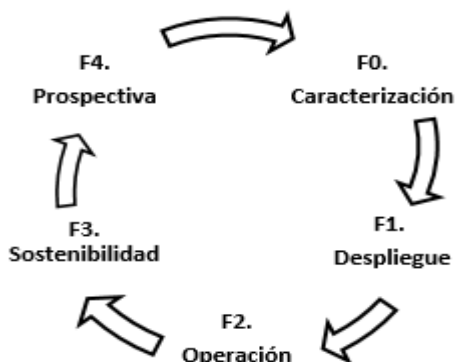


Fig. 5 Ciclo de operación para la industrialización 4.0 (Construcción propia)

5.1 Fase 0. Caracterización

El proceso de caracterización inicia con determina o proyectar el estado deseado asociado con los desarrollos 4.0. Como base para estas posibles construcciones es presentan las iniciativas de alto potencial, estas dan posibilidades o al menos sirven de base para proyectar un estadio 4.0 deseable.

Estas iniciativas son muy variadas y dependerán directamente del área de negocio o núcleo de la organización que desea participar de esta evolución.

Ya definidas las grandes motivadores, se procede con determinar las acciones que sean transversales y estén unidas con el estadio deseable, estas se definen en el numeral 3.2 como acciones recomendadas, estas han de estar soportadas en un decidido compromiso tanto político como de acción, independiente de las formas de trabajo por funcional, por objetivo o por proyectos deben

definirse procesos, procedimientos y protocolos que acompañen la iniciativa.

Como tercer momento definida la proyección, claros del compromiso institucional para su ejecución se ingresa un componente que permita determinar el estado actual en desarrollo tecnológico y organizacional frente a los retos de conectividad y comunicación, para ellos es necesario considerar la evolución actual en las temáticas WEB, para ello reconocen las características de operación y comunicación actuales tanto al interior como al exterior. Para realizarlo se plantea como base, los resultados de (Aghaei, Nematbakhsh, & Khosravi, 2012) Ellos presentan en su artículo las consideraciones y comparaciones de la evolución de una conectividad WEB, así:

Tabla 13. Tipos de WEB (Construcción propia)

Tipo	Descripción
WEB 1.0	WEB de solo lectura- De contenidos
WEB 2.0	WEB de comunicación – Conocimiento
WEB 3.0	WEB de contexto - Semántica
WEB 4.0	WEB de las cosas – Simbiótica- Lectura/Escritura/Ejecución/Concurrencia

Con base en la identificación de cada uno de los tipos de WEB se demarcan los elementos que se consideran existentes.

Tabla 14. Comparación WEB 1.0 – 2.0 (Aghaei, Nematbakhsh, & Khosravi, 2012)

WEB 1.0	WEB 2.0
Reading	Reading/Writing
Companies	Communities
Client-Server	Peer to Peer
HTML, Portals	XML, RSS
Taxonomy	Tags



Owning	Sharing
IPOs	Trade sales
Netscape	Google
Web forms	Web applications
Screen scraping	APIs
Dialup	Broadband
Hardware costs	Bandwidth costs
Lectures	Conversation
Advertising	Word of mouth
Services sold over the web	Web services
Information portals	Plataforms

Tabla 15. Comparación WEB 2.0 – 3.0 (Aghaei, Nematbakhsh, & Khosravi, 2012)

WEB 2.0	WEB 3.0
Read/Write Web	Portable Personal Web
Communities	Individuals
Sharing Content	Consolidating Dynamic Content
Blogs	Lifestream
AJAX	RDF
Wikipedia, google	Dbpedia, igoogole
Tagging	User engagement

La WEB 4.0, se desarrolla en el ámbito de los sistemas ciberfísicos, donde se genera simbiosis entre humanos y maquinas, es un modelo de participación masiva con múltiples de datos, es un espacio de participación global donde se consideran elementos como transparencia, gobernanza, colaboración, elementos aplicables a diferentes grupos sociales (Industriales, políticos, sociales, investigación)

Khanzode y Sarode describen y caracterizan la WEB 4.0. WEB 5.0 y la IWEB 6.0 así: (Khanzode & Sarode, 2016)

Tabla 16. WEB 4.0 – 6.0

Tipo	Descripción
WEB 4.0	Considerada como WEB ultra-inteligente, simbiótica, ubicua
WEB 5.0	Simbiótica descentralizada. Comunicación inteligente. Navegación con inteligencia artificial.
WEB 6.0	Se planeta como WEB de servicios extendidos. Hiperconectividad. Con estructuras de programación configuradas como servicios en los cuales los Stakeholders interactúan no solo como usuarios de tecnología.

Se define entonces una fase de caracterización con las siguientes actividades principales:

Fase 0. Inicio y caracterización

Estadio 4.0 deseable

Acciones transversales asociadas reconocibles como compromiso político.

Evaluación estado actual de conectividad

5.2 Fase 1. Despliegue

Centrada esta fase en determinar las tecnologías facilitadoras y las condiciones para valorar la obsolescencia tecnológica. Esta etapa se enmarca en las palabras de Mark Watson, que destacan el reto para la 4ª revolución industrial: "el desarrollo de software y sistemas de análisis que sean capaces de transformar el enorme volumen de datos producidos por las empresas, las fábricas, los clientes, los usuarios y los mercados en información útil y valiosa para todos." (Watson, 2015)

Esta fase permite denotar las condiciones de ciclos de vida para la gestión tecnológica que pueden tener múltiples formas y estructuras una de ellas es presentada por (Piatini & Hervada, 2007)



quienes plantean características para la gestión tecnológica, en siete grandes actividades (Evaluar, Enriquecer, Inventariar, Asimilar, Vigilar, Desuso, Proteger), detalladas así:

- **Evaluar.** Determinar la competitividad y el potencial tecnológico propio, estudiar posibles estrategias de innovación e identificar posibilidades de alianzas tecnológicas, además de un impacto financiero que este genere desde el inicio hasta el resultado final de aplicación e implantación.
- **Enriquecer.** Esta etapa se trata de hacer el traslado o transformación a otros estados viables en el ejercicio de la gestión tecnológica, las cuales se pueden enumerar así (Morote & Hidalgo, 1997):
 - Diseñar estrategias de investigación y desarrollo.
 - Priorizar tecnologías emergentes, clave y periféricas.
 - Definir una estrategia de adquisición de equipo y tecnologías externas.
 - Definición de proyectos conjuntos o alianzas.
 - Determinar estrategia de financiamiento a proyectos
- **Inventariar.** Consiste en recopilar tecnologías disponibles y al servicio de los ejercicios institucionales descritos, a nivel mundial, lo cual implica conocer y reconocer las tecnologías utilizadas y dominantes las cuales constituyen su patrimonio tecnológico.
- **Asimilar.** Una vez que haya estabilizado el componente tecnológico se actúa, en la implantación y puesta a punto del potencial tecnológico mediante estrategias como:
 - Programas de capacitación y entrenamiento.
 - Documentación de tecnologías de la empresa.
- Desarrollo de aplicaciones derivadas de tecnologías genéricas.
- Gestión eficiente de recursos.
- **Vigilar.** Significa estar alerta sobre la evolución de nuevas tecnologías, sistematizar las fuentes de información por las cuales la entidad se nutre de elementos tecnológicos, vigilar la(s) tecnología(s) más difundidas en el sector donde se desempeñe la entidad. Identificando el impacto posible de la evolución tecnológica sobre las actividades de las entidades, en las formas de operacionalización en los actores y en el ejercicio administrativo y de gestión, entre otras.
- **Desuso.** La obsolescencia, se presenta en cualquier parte del ciclo de vida tecnológico, dado que las condiciones de nuestras entidades obligan a modificar rápidamente las condiciones de desarrollo tecnológico gracias a los procesos de I + D + i. En todas las etapas al momento de hacer las evaluaciones es necesario verificar y justificar el avance, desarrollo y aplicación de determinada tecnología a nuestro entorno.
- **Proteger.** Por último resta proteger la tecnología a través del establecimiento de una política de operacionalización y política ambiental + patentes y registros, de la primera se pueden tener avances a nivel dependencias y entidades, la última debe ser institucional. Además se deben incluir las características y condiciones de los protocolos de los resultados finales.

Esta es una propuesta de gestión tecnológica tan válida como las que existan en la organización, la motivación es dejar condicionada la necesidad de su existencia en la organización.

Dado que estamos en el componente de despliegue es necesario sean consideradas las tecnologías facilitadoras para el tránsito al estado ideal 4.0 planteado al inicio, las tecnologías



seleccionadas deben ser ingresadas en el modelo de gestión tecnológico y hacerlo vivo en la organización, entre las tecnologías facilitadoras 4.0 se reconocen:

- Sistemas ciber-físicos
- Big Data
- Analítica predictiva
- Cloud Computing
- Robótica colaborativa
- Simulación
- Fintech
- BlockChain
- Machine learning
- Deep learning
- Realidad aumentada
- Visión artificial
- Fabricación aditiva
- Inteligencia artificial
- I o T
- II o T (Internet Industrial de las Cosas), entre muchas otras.
- Se consideran entonces tres actividades detalladas para la fase de despliegue.

Fase 1. Despliegue

Definición y claridad del ciclo de gestión tecnológica.

Incorporar tecnologías facilitadoras 4.0

Aplicar el ciclo de gestión tecnológica

5.3 Fase 2. Operación

Esta fase considera que se ha iniciado el proceso de desarrollo, que se puso a rodar la bola de nieve del 4.0. Se realiza en paralelo con la fase 3.

En este punto se incluyen operaciones de retroalimentación desde el concepto de la cibernética determinando su condición positiva o negativa. Y los efectos de estos en las estructuras organizacionales. Para realizar esta valoración nos apegamos a los conceptos de la cibernética evolutiva definida previamente, la aplicación se vinculará con la aplicación de los conceptos de sostenibilidad.

5.4 Fase 3. Sostenibilidad

Este momento del proceso se realiza de manera paralela con la Fase 2. En este momento es de importancia considerar los indicadores, subcategorías o categorías, definidas como parte del concepto de sostenibilidad en los cuales se encuentre involucrada la organización. Dada la gran cantidad de posibles indicadores es importante considerar cuales se vinculan con el núcleo de la organización, o con los sistemas y subsistemas involucrados en el proceso de transformación 4.0.-

Los indicadores han de ser transversales a la organización y generar compromiso vinculante con las políticas institucionales.

La aplicación de la cibernética para las fases de Operación y Sostenibilidad se presenta en dos partes la primera relacionada con el concepto de control, representado en la figura 2.

En este caso se define el sistema como la organización, o dependencia involucrada en la iniciativa 4.0, los objetivos están determinados en la fase de caracterización como el estado deseable que se desea alcanzar. Los resultados y avances realizados al incorporar y estar en desarrollo de las fases de operación y sostenibilidad han de valorar las variables afectadas, pero mucho más importante desde el entorno determinar las acciones que afectan el proceso de manera negativa y bloquean su continuidad, es en ese punto específico donde las retroalimentaciones positivas y negativas permiten definir los siguientes pasos, y/o procesos de mejoramiento y ajuste, cuidando una posible entropía.



De las retroalimentaciones negativas es importante determinar las causas de estas y considerar a que punto del proceso, área, sub-área, o variable se debe llegar para generar un equilibrio en el proceso que se está realizando, esta valoración se da a través de indicadores del logro, de las metas propuestas. Esta situación genera las dinámicas propias del sistema.

4.5 Fase 4. Prospectiva

La segunda parte se relaciona con la aplicación del modelo de relaciones esta se desarrolla y aplica con base en la figura 3 Modelamiento de relaciones, su ejemplificación denota estados del comportamiento del sistema en análisis, este se reconoce como la representación del mundo que se esta desarrollando como 4.0, para este caso $w_1 \dots w_n$ representan los cambios generados por el entorno mediados por unidades de tiempo, cada transformación w_n representa un cambio significativo en el sistema.

Las relaciones definidas entre los elementos aplicados (tecnologías facilitadoras, indicadores d sostenibilidad) y los procesos internos involucrados en la transformación 4.0, son el caldo de cultivo para crear un conjunt de relaciones R, con las cuales se define el comportamiento del sistema en un modelo M_a , de las formas y transformaciones en el tiempo de los conjuntos de relaciones y sus imploraciones en la estructura del sistema demarcada como w_n , se logrará determinar – extrapolar comportamientos futuros es decir proyectar – predecir posibles resultados para el caso de estudio o para casos semejantes, creandose un componente de aprendizaje en lecciones aprendidas y gestión del conocimiento.

El conjunto de ecuaciones del numeral 2.3, sirve como componente de verificación y validación¹ continua para todo el proceso en general.

De esta manera se puede hacer un ciclo continuo a la iniciativa 4.0, generando facilidad de transformaciones continuas para lograr el gran objetivo propuesto.

6 Conclusiones

Se reconoce el desarrollo a nivel mundial de las iniciativas 4.0, y sus implicaciones en múltiples áreas de conocimiento y disciplinas, pero conjugarlas todas requiere de miradas globalizadoras que se deben fortalecer a través de estrategias que permitan un tránsito adecuado a la transformación 4.0.

La estrategia de navegación presentada conlleva una responsabilidad de estar alerta para reconocer los límites de las tendencias modernas y las brechas que estas generan, se espera tener los desarrollo 4.0 para el 2020, y que se inicie la construcción 5.0, estamos entonces frente a un reto de 10 años, es una brecha digital y temporal que debemos comenzar a disminuir.

Las problemáticas actuales de las organizaciones estas distantes de las posibles problemas a los cuales se enfrentaran los profesionales en 10 años, es necesario prepararnos para que las generaciones futuras encuentren el caldo de cultivo adecuado para solventar y superar esta nuevas formas de problematizar y enfrentar el mundo.

Los saltos cuánticos asociados al desarrollo tecnológico para la industria 4.0 se debe enfrentar mediados por la gestión del conocimiento y la aplicación de estrategias que transformen la organización podremos así enfrentar los cambios para 5.0, al 6.0 y para X.0.

Si bien las cibernéticas han existido desde Platón, considero este un gran momento para reconocer su capacidad de análisis y poder transformador al momento de analizar, relacionar y dar prospectiva a las organizaciones.

¹ Debe entenderse verificación y validación como las define Boehm citado por (Sommerville, 2005), como el proceso que responde dos preguntas ¿Lo estamos haciendo correctamente? ¿Estamos haciendo el producto correcto?



Referencias

- ACATECH (National Academy of Science and Engineering) . (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*. Alemania: Forschungsunion.
- Aghaei, S., Nematbakhsh, M., & Khosravi, H. (2012). Evolution of the World Wide Web: From WEB 1.0 to WEB 4.0. *International Journal of WEB & Semantic Technology*, 1-10.
- American Society of Cybernetics. (23 de 10 de 2019). *Foundations - History of Cybernetics*. Obtenido de American Society of Cybernetics: <http://www.asc-cybernetics.org/foundations/timeline.htm>
- Bonilla, S. , Silva, Helton, Silva, Marcia, & Gonçalves, Rodrigo. (17 de 10 de 2018). Industry 4.0 and Sustainability Implications. *Sustainability*, 10. Recuperado el 20 de 10 de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/328348779_Industry_40_and_Sustainability_Implications_A_Scenario-Based_Analysis_of_the_Impacts_and_Challenges
- Duinker, N., & Greig. (2007). *Análisis de escenarios en la evaluación de impacto ambiental: Mejorando las exploraciones de*. NN: Reinart.
- Heylighen, F. (06 de 03 de 2000). *Evolutionary cybernetics*. Recuperado el 11 de 10 de 2019, de MetaSystems: <http://cleamc11.vub.ac.be/EVOLCYB.html>
- Heylighen, F., & Joslyn, C. (2001). Cybernetics and Second-Order cybernetics. *Encyclopedia of Physical Science & Technology*.
- Joslyn, & Turchin. (08 de 11 de 2001). *Introduction to Principia Cybernetica*. Recuperado el 20 de 10 de 2019, de Principia Cybernetica Web: <http://pespmc1.vub.ac.be/ORG.html>
- Khanzode, C., & Sarode, R. (2016). Evolution of the World Wide WEB: From WEB 1.0 to 6.0. *International Journal of Digital Library Services*, 1-11.
- Krippendorff, K. (1986). *Diccionario web de cibernética y sistemas*. Recuperado el 15 de 10 de 2019, de Principia Cybernetica Web: http://pespmc1.vub.ac.be/ASC/FIRST-_CYBER.html
- Madhavan, N. (23 de 08 de 2019). *La industria 4.0 puede hacer el mundo más sostenible*. Obtenido de Business Line: <https://www.thehindubusinessline.com/opinion/industry-40-can-make-the-world-more-sustainable/article29229325.ece>
- Méndez Gutiérrez del Valle, R. (s.f.). *Revoluciones industriales*. Recuperado el 10 de 10 de 2019, de Instituto: https://www.ign.es/espmapi/figuras_industria_bach/pdf/Industria_Fig_01_texto.pdf
- Mokyr, J. (2005). *Long-Term Economic Growth and the History of Technology*. Recuperado el 25 de 10 de 2019, de EconPapers.
- Morote, J., & Hidalgo, A. (1997). *Gestión e innovación: Un enfoque estratégico*. Madrid.
- Novikov, D. (2015). *Cybernetics: from Past to Future*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/287319297_Cybernetics_from_Past_to_Future#pf9
- Novikov, D. (2016). Cybernetics 2.0. (Researchgate, Ed.) *Advances in Systems Science and Application*, 1-18.
- Piatini, M., & Hervada, F. (2007). *Gobierno de las tecnologías y los sistemas de información*. Madrid: Rama.
- Quiroga Marínez, R. (2007). *Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: CEPAL - Naciones Unidas.
- Schwab, K. (14 de 01 de 2016). *The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond*. Obtenido de World Economic Forum: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>



Sommerville, I. (2005). *Ingeniería del Software*. Madrid: Pearson.

Watson, M. (2015). *Smart Manufacturing (Industry 4.0) Report*. Alemania: IHS markit.



