

# REVISTA INDUSTRIAL 4.0

Carrera de Ingeniería Industrial



Edición Digital Nro. 3  
Noviembre 2021



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Lic. Oscar Heredia                      Rector  
Phd. Maria Garcia Moreno          Vicerectora  
Ing. Hebert Pinto                      Decano a.i. Facultad de Ingeniería  
Ing. Franz Zenteno Benitez        Director de Carrera Ingeniería Industrial

Revista Industrial 4.0  
Edición Digital N° 3 Noviembre 2021

Comite Editor:

Ing. Fernando Sanabria Camacho  
Ing. Grover Sanchez Eid  
Ing. Mario Zenteno Benitez  
Ing. Mónica Uria Humerez

Diseño Versión Impresa & Web:  
Ing. Enrique Orosco Crespo

Imprenta:  
Walking Graf

Deposito Legal:  
4-3-68-20

Web:  
<http://industrial.umsa.bo/revista-industrial-4.0>  
Email:  
[revistaindustrial4.0@umsa.bo](mailto:revistaindustrial4.0@umsa.bo)

Direccion:  
Av. Mcal. Santa Cruz, Plaza Del Obelisco.  
Mezzanine, Edificio Facultad de Ingeniería.  
Tel. 2205000 - 2205067 Int. 1402



## PRESENTACIÓN

Está concluyendo la gestión 2021, con todas las dificultades para desarrollar las actividades académicas por la situación epidemiológica que atraviesa la humanidad, cumpliendo con los objetivos planteados en formación, investigación e interacción social que tiene la Carrera de Ingeniería Industrial en su conjunto.

El presente número de la Revista Industrial 4.0, publicación semestral, recoge los trabajos realizados por los investigadores -docentes y universitarios- que llevaron adelante en estos meses con una labor dedicada para salvar cualquier dificultad que se presenta, con temas sobre seguridad industrial, manufactura esbelta, acreditación, competitividad empresarial, operaciones unitarias y control de calidad.



Por la heterogeneidad de los temas que son tratados, la revista tiene como público objetivo a lectores de diferente formación como los universitarios, docentes, investigadores, graduados, ingenieros de diferentes especialidades y comunidad científica en general.

Ingeniería Industrial de la Universidad Mayor de San Andrés lleva adelante la preparación de un Congreso Interno, donde se actualizará el plan de estudios, contenido de las materias, definición de líneas de investigación de los institutos de investigación y definir políticas de relacionamiento con las entidades estatales y con las empresas públicas y privadas. Actividades que generan oportunidades para llevar adelante nuevas investigaciones y mantener las que actualmente se ejecutan, y se tiene la presente publicación para su difusión.

Reiterar la invitación para que en el siguiente número se presenten trabajos desarrollados por docentes y estudiantes de la carrera y sus programas que están en La Paz y los desconcentrados en San Buenaventura y Caranavi.

Agradecer a los miembros del Comité Editor, que realizan una labor profesional y ética en la revisión de todos los artículos que postulan para ser publicados en la presente revista.

Ing. MBA. Franz José Zenteno Benítez  
**DIRECTOR**  
**INGENIERÍA INDUSTRIAL**

# **CREATIVIDAD Y COMPLEJIDAD DE LAS OPERACIONES UNITARIAS EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS DE PRODUCCIÓN**

Ing. Hugo A. Mobarec Clavijo, ORCID: 0000 0002 0383 8373  
Teléfono: 71521045  
email: [hmobcla@yahoo.com](mailto:hmobcla@yahoo.com)

Recibido: 4 de octubre; aprobado: 17 de noviembre

## **RESUMEN**

Se puede advertir que, en el avance tecnológico de las operaciones unitarias en los procesos productivos, sus interrelaciones y la práctica de la docencia en la formación de ingenieros existen distancias sobre todo con la demanda social que buscan las empresas productivas, naciendo el desafío para las universidades bolivianas introduzcan en la formación de los ingenieros la visión del paradigma complejo, en la enseñanza de las operaciones unitarias, así pretender un logro de mayor creatividad profesional.

Creemos que esta manera de pensar puede lograr mayor creatividad y competencia, más allá de la especialización mecanicista de la aplicación de la teoría práctica.

Lograr una visión global que considere todo el proceso en su integridad con sus relaciones interdisciplinarias añadiendo efectos culturales y de sus saberes tradicionales como un todo organizado y dinámico.

La propuesta establece desarrollar potencialidades creativas mediante interacciones transversales, rompiendo la inercia de la “especialización” logrando destrezas en la práctica del pensamiento multidimensional.

Establecer una nueva mentalidad de desarrollo incidiendo en estructuras mentales a través del pensamiento complejo y la aplicación de su paradigma.

**Palabras clave:** Operaciones Unitarias, relaciones interdisciplinarias en ingeniería, docencia compleja en ingeniería, paradigma complejo.

### ABSTRACT

It can be noted that, in the technological advance of unit operations in production processes, their interrelationships and the practice of teaching in the training of engineers, there are distances above all with the social demand that productive companies seek, arising the challenge for companies. Bolivian universities introduce the vision of the complex paradigm in the training of engineers, in the teaching of unit operations, thus seeking to achieve greater professional creativity.

We believe that this way of thinking can achieve greater creativity and competence, beyond the mechanistic specialization of the application of practical theory.

Achieve a global vision that considers the entire process in its entirety with its interdisciplinary relationships, adding cultural effects and traditional knowledge as an organized and dynamic whole.

The proposal establishes developing creative potential through transversal interactions, breaking the inertia of "specialization", achieving skills in the practice of multidimensional thinking.

Establish a new mentality of development affecting mental structures through complex thinking and the application of its paradigm.

**Keywords:** Unit Operations, interdisciplinary relations in engineering, complex teaching in engineering, complex paradigm.

## 1. INTRODUCCIÓN:

En un principio las ciencias aplicadas en la industria requerían de técnicos especializados en su rama al extremo que sus conocimientos eran transmitidos casi como un estado de arte tradicional de “boca-oído”, se valoraba mucho la experiencia y por ejemplo un técnico en hornos de cerámica no conocía nada de hornos de panificación, su conocimiento estaba circunscrito a una variedad de hornos específico y pensar en generalizar los procesos era una aventura muy riesgosa.

Muy grande fue el avance para las actividades productivas y de procesos de transformación cuando se dio nacimiento a la Ingeniería Química como una nueva rama de estudio, alrededor de 1915, es decir hace unos 100 años, nació el concepto de operaciones unitarias, desarrollado por William Walker y Arthur Little. En palabras de Little, esto significaba que "cualquier proceso químico, cualquiera sea su escala, puede ser analizado como una serie coordinada de lo que podría ser denominado “operaciones unitarias””.

Hoy en día el concepto de operaciones unitarias no solo se refiere a los procesos químicos sino a todos aquellos donde haya transferencia de cantidad de movimiento, energía y masa, es decir casi la totalidad de los procesos donde se transforma la materia y por ello la mayoría de los procesos productivos, que tienen que ver entre otras ingenierías, la ingeniería química, industrial, mecánica, etc.

La creciente interacción de procesos interactuantes ha llevado a un crecimiento de la complejidad del uso de recursos y sus aplicaciones, ya Arthur D. Little (el creador del concepto de “operaciones unitarias”) diría: "Con el creciente número y complejidad de los problemas surgidos de la rápida expansión de las industrias químicas, se empezó a reconocer gradualmente que había necesidad y sitio para una rama distinta dentro de la ingeniería, a la cual estos problemas le fueran asignados. En respuesta a esta necesidad tenemos la Ingeniería Química, no como una mezcla de química con ingeniería mecánica y civil, sino como una rama separada de la ingeniería”. [1]

En esa época fue necesario crear una especialidad que abordara los conceptos de operaciones unitarias como un “paquete” conceptual específico, que dio origen a unos de los pilares de la ingeniería química, que junto con la ingeniería de las reacciones químicas abordaran la problemática de la producción más eficientemente.

No podemos dejar de lado que la invención y la consiguiente creatividad en la ingeniería aplicada han logrado que la humanidad pueda desarrollarse de una manera muy significativa, desde lo más elemental como es la cerámica, primer material plástico, a los avances en medicina y tecnología de la información que, junto al desarrollo de nuevos materiales, son la vanguardia de la investigación...

Las universidades y los centros de enseñanza de tecnología, así como de ingeniería han seguido el estilo de enseñanza de lograr especialización a pesar de los conceptos generalizados en las operaciones unitarias, se dio un gran paso creándolas, y se formó la especialización productiva diferenciada con la ingeniería química [2]. Este camino se profundizó aún más con la tendencia de la visión económica de participar en la producción con rendimientos económicos a corto plazo, es decir lograr eficiencia con procesos y maquinarias adaptadas a la producción mono productiva, es decir un solo producto o una sola acción en la transformación.

La ingeniería productiva de hoy en día, está encarando un gran desafío que nace de la emergencia compleja en los procesos [3], que ya no son solo altamente especializados, sino que por la globalización de servicios y de producción deben buscar mayor eficiencia y competitividad además de ser elásticos en los resultados, las unidades de producción deben adaptarse rápidamente a la oscilación de mercados, así como a la creciente oferta alternativa.

Las universidades deben seguir esta tendencia formando ingenieros que desarrollen innovaciones y muestren creatividad en sus aplicaciones desde el diseño, planificación, desarrollo y control de procesos e implementación de cadenas de producción. Deben estar un paso más allá de la efectiva especialización e

integrar procesos y variables de una manera más creativa y adecuada; es decir deben conocer, pensar, razonar y actuar de manera distinta. [4]

Las universidades y los centros de formación de ingeniería deben asumir este reto repensando sus metodologías de enseñanza para asegurarse que los nuevos profesionales puedan ofrecer adaptaciones, y soluciones eficaces dentro del entorno de objetivos productivos y de desarrollo de las industrias.

Las operaciones unitarias deben crecer de acuerdo con estos lineamientos actuales, pues la especialización solamente ya no es suficiente, se requiere una nueva manera de pensar y actuar dentro de la formación general y sobre todo dentro de la aplicación de los conceptos de ingeniería productiva.

Una visión bajo el paradigma complejo de las operaciones unitarias puede ser de gran utilidad, ya que nos muestra aspectos de interrelación y de perspectivas de innovación muy específicas y centradas en cada aplicación. Se habilita un abanico de posibilidades que dejan atrás la “especialización eficiente”, para dar lugar a la aplicación dinámica de factores asociados no considerados, pero de gran creatividad, tal cual se genera en la visión compleja.

Vencer el miedo del empresario a la mono-producción segura, y pasar a la optimización multi-variante, con criterios de interrelación de variables, todo un desafío.

La nueva visión debe encarnarse en aspectos como, ser amigables con el medio ambiente, sostenibilidad energética, flexibilidad económica, seguridad en salud, etc., etc.

Gran parte de la solución a este desafío, pensamos, debe ser encarado por las políticas gubernamentales, sin embargo, las universidades tienen su papel y rol en el mismo de la siguiente manera; formar a los ingenieros para que piensen de forma complementaria e inclusiva, que comprendan los problemas y estructuren soluciones. Evitar que tengan una visión lineal y solamente vean una parte del mundo, cuando los problemas son transdisciplinarios y complejos, con esto se hace necesario cambiar las metodologías formativas, teniendo al paradigma del



Pensamiento Complejo en los programas ingenieriles, y consiguiendo una estructuración nueva de sus planes de estudios transdisciplinarios que desarrolla un nuevo razonamiento lógico y global.

## **2. PENSAMIENTO CREATIVO; OBSERVACIÓN Y CREATIVIDAD DE LA APLICACIÓN DE LAS OPERACIONES UNITARIAS.**

El rápido desarrollo de las tecnologías, así como las nuevas visiones integradoras de sistemas que desde niveles mecánicos a virtuales se están desarrollando en la industria productiva, van haciendo crecer el requerimiento, cada vez mayor, de que nuestros ingenieros tengan capacidades más rápidas y eficientes de comprender, adaptarse y tener respuestas adecuadas, para interactuar con los procesos, así como para diseñarlos.

Tradicionalmente las Operaciones Unitarias se han dividido en cuatro asignaturas que en su conjunto estudian las tres transferencias; de cantidad de movimiento, energía y masa, con procesos definidos como el transporte de fluidos, filtración, calentamiento y refrigeración, destilación, evaporación, etc., etc. La visión de los mismos son capítulos aislados, que muestran, cómo simularlos, dimensionarlos, controlarlos, etc. pero solo de ese capítulo, dejando para el ingeniero experimentado la relación de los procesos entre sí y con todas las demás variables que hacen al todo complejo en una visión de complejidad y así generar las innovaciones que nos llevaran a las aplicaciones de los conocimientos y habilidades para diseñar productos y procesos que no han existido antes.

Así planteamos la necesidad de innovación en la formación de los estudiantes de ingeniería en una búsqueda de una visión que transforme y modifique desde los contenidos a la manera de enseñar.

### **3. CAMBIO EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE EN INGENIERÍA.**

Los dos aspectos más importantes que se deben buscar son; la determinación de un proceso curricular como mecanismo de cambio hacia el aprendizaje de los estudiantes y la creación de conciencia en que la práctica de aprendizaje como proceso de desarrollo redunde en la generación de nuevas ideas.

Ambos aspectos inciden en el contenido y sus relaciones con su ambiente, es decir su contexto. Lograr que el estudiante vea al proceso en estudio de manera holística, es decir en su entorno total y que su pensamiento se desarrolle dentro del paradigma complejo como análisis y generador de ideas nuevas. [5]

Esta visión que considera todo el proceso en su totalidad parece ser difícil, ya que por décadas y de manera muy sistemática, las ciencias exactas, especialmente las aplicadas a ingeniería han tenido que fragmentarse para ser entendidas de manera muy especializada y con causales lineales. [6]

Las Operaciones Unitarias no son la excepción, su visión es altamente fraccionada y especializada, urge una introducción de pensamiento complejo que nos ayude a entender dentro de la visión global de todo el proceso.

El ingeniero novel muchas veces, no conoce las implicaciones de carácter social, legal o políticas, ambientales o de salud o en la misma formación y educación de sí mismo y las personas involucradas, de la toma de decisiones dentro de las variables de proceso que se controlan en Operaciones Unitarias.

Aquí no podemos evitar incorporar los esfuerzos inter y multi disciplinarios, los mismos que nos abren un camino muy necesario de recorrer; la multidisciplinariedad y los esfuerzos de equipos de profesionales que de manera conjunta llegan a conclusiones en respaldo de las visiones globales.

A esto se añade los efectos culturales de las técnicas ancestrales y originales y sobre todo de los saberes que se han desarrollado de manera progresiva y adaptativa en miles de años de supervivencia.

Un paso necesario y muy importante es lograr que la industria reconozca esta manifiesta realidad y “exija” que los profesionales tengan esa formación, que se traduzca en una Línea de Formación reconocida por el Estado, y que todos los actores la reconozcan como una inversión productiva tanto de recursos como de esfuerzos. Solo este reconocimiento permitirá compartir sabiduría, tecnología y saberes, en tanto que las disciplinas converjan hacia los resultados buscados.

Surge en este momento la formación transdisciplinar que haga nacer al nuevo tipo de ingeniero, que piense en términos generales acerca de todas las disciplinas y que considere las dimensiones humanas involucradas en cada desafío como resultado de múltiples interacciones entre variables de diferentes disciplinas [7].

Desde un punto de vista pragmático los ingenieros deben ser sistemáticos y mantener el control intelectual sobre la expansión cada vez más amplia de la información y el conocimiento.

Las asignaturas prácticas como las de Operaciones Unitarias tan presentes en procesos de ingeniería integral, y su visión desde los planos complejos ayudan a superar las deficiencias de los fundamentos y metodología de la ingeniería tradicional mecanicista, en el proceso de repensar con la integración de disciplinas, en este caso concreto, de interrelacionar las operaciones unitarias entre sí y con otros asignaturas, a más de la totalidad del espectro ingenieril y su entorno interdisciplinario.

Los planes de estudio deberán ser transdisciplinarios, lo que implica un acuerdo institucional académico entre las universidades, el Gobierno y las industrias como agentes protagónicos de la nueva visión. Al final se trata de ingresar en la conciencia de los estudiantes con una nueva manera de pensar. Es una relación práctica que resulta de la adquisición del conocimiento a través de la investigación, diseño, la producción y control, con la resolución de problemas complejos.

Los estudiantes deben desarrollar sus potencialidades creativas mediante interacción transversal, lo que les permitirá crear diversas maneras de resolver los problemas complejos; deben estar capacitados para buscar colaboración e

información por fuera de los límites de su profesión y lograr formar equipos que busquen hacer nuevos experimentos, explorando diferentes plataformas de ideas y soluciones intercambiando conocimientos horizontalmente, con un mayor impacto social posible.

Hacemos énfasis en el papel preponderante de las carreras y facultades universitarias donde se forja el molde de la creación del nuevo pensador complejo que se convertirá protagonista en la nueva realidad del pensamiento asociado y global. [8]

Como ejemplo podemos analizar las acciones de supervivencia de las grandes empresas que se ven obligadas a conformar sistemas desarrollados tanto en productos como en servicios de manera horizontal y multidisciplinaria, tienen que analizar aspectos generales desde el diseño mismo a los efectos ambientales, éticos, etc., lo que nos muestra un desarrollo holístico, pues deben integrar aspectos de mercadotecnia, éticos y funcionales.

Existe una especie de “inercia” que lleva a defender las especialidades, es como si estas tuvieran la fuerza de auto determinarse logrando una acción reactiva a su determinación de objetivo transversal, mientras más se desarrolla un tema su especialidad parece ser más autodefinida, ante ello solo el pensamiento complejo como un estilo de pensamiento nos podrá sacar de la situación estática que se genera, llegando a extremos de incomunicarse horizontalmente con otras especialidades. Esto constituye una frontera de conocimiento completamente arbitraria que a efectos de integración puede ser muy rígida, por ejemplo, el mundo de la química Vs el mundo de la física...Salir de estas limitaciones es una acción del pensamiento complejo, redibujar las fronteras de las ciencias, así como atenuarlas buscando integración y eficacia.

Creemos que se debe buscar que las destrezas adquiridas por los ingenieros, así como sus conocimientos transformados en última instancia en la simulación, diseño construcción y control de procesos productivos sean herramientas verdaderamente útiles dando una comprensión final de los problemas que se deben resolver.

La discusión en equipos de diferente competencias y profesiones muestra finalmente una visión más real de la problemática en cuestión, su solución con la intervención de equipos multidisciplinarios será también más real y adecuada a los objetivos que resultaren en las acciones de aplicaciones ingenieriles.

Las integraciones de las diferentes operaciones unitarias aportaran a comprender la complejidad de los procesos en tanto son interdependientes, teniendo en cuenta la diversidad de los procesos y los basamento teóricos y científicos podrán aportar soluciones más efectivas, de mayor alcance y más eficientes, con consideraciones de crecimiento, dentro de los objetivos del proceso productivo.

Edgar Morín nos muestra pensamientos que nos llevan a entender la multi-dimensionalidad, la realidad compleja de los procesos, tomar varias variables correlacionadas dentro de las operaciones unitarias nos ayudará a desenmarañar precisamente el conocimiento global y alejar el error de no estimar los diferentes impactos en medio de las múltiples relaciones de las variables [9].

#### **4. PENSAMIENTO COMPLEJO COMO ESTILO DE PENSAR.**

La educación tradicional de ingeniería hace desarrollar a los estudiantes un tipo de pensamiento en el que el conocimiento se presenta de manera fragmentada, en capítulos, como si se requeriría especialidades en cada paso, valora la inteligencia determinada y limita las capacidades humanas de conexión, diferenciación y creatividad.

El pensamiento integral, interrelacionado y transdisciplinar que engloba no solo las variables técnicas del proceso, sino las diferentes dimensiones humanas, necesitan los ingenieros en general y particularmente en operaciones unitarias como una nueva mentalidad en desarrollo, incidiendo en el conjunto de pensamientos, estructuración mental, creencias, etc. correlacionando todas las partes.

Creemos que el pensamiento complejo, finalmente desarrollará una capacidad de relacionamiento lógico, que integrará las interpretaciones abstractas y la realidad en la perspectiva de la construcción de soluciones efectivas, en lo cualitativo y

cuantitativo, iniciará, mantendrá y fomentará líneas de diálogo altamente comunicativas y horizontales entre los integrantes del análisis interdisciplinario [10].

## **5. CONCLUSIONES.**

- Los procesos productivos, tanto por el desarrollo de tecnologías como por la respuesta de competitividad en un mundo globalizado, hace que las necesidades de las capacidades de los ingenieros de producción con las operaciones unitarias sean más exigentes en su visión global y más comprometida con la búsqueda de soluciones imaginativas y efectivas.

- En el mundo productivo constantemente se está cambiando las variables de acuerdo a normas y nuevos requerimientos, desafiando y cambiando las enseñanzas de las operaciones unitarias. La inserción de metodologías digitales tanto en el proceso de enseñanza aprendizaje como en los efectos de cálculo, diseño y control obligan a actualizar los planes de estudio, así como garantizar que los estudiantes logren aptitudes y capacidades acordes a estos nuevos requerimientos.

- El cambio para ser trascendente no solo debe ser de currículo, se debe efectuar cambios en la conciencia de los nuevos ingenieros introduciendo en ellos el paradigma de la complejidad. Este cambio, se debe implementar con un proceso en la educación, los entornos, la preparación de docentes, los planes de estudio, dentro de una acción coordinada de las universidades en sus distintas instancias, las políticas de gobierno y las empresas en las que trabajaran los noveles ingenieros.

- Creemos firmemente que la implantación del pensamiento complejo en las operaciones unitarias de nuestros ingenieros de producción será altamente beneficiosa, ya que no solo mostrará soluciones más reales, aportará creatividad y con ello se logrará más eficacia y eficiencia.

- Los procesos educativos en ingeniería, en el campo de las operaciones unitarias de manera global y transdisciplinar, redundarán en mayor creatividad. Se deberá valorizar la integración de las distintas operaciones unitarias además integrarlas con

otros pilares de la producción como son los reactores químicos, considerando análisis multidimensionales resultantes de la interacción entre ellos.

- Se debe desarrollar herramientas metodológicas que lleven a la comprensión transdisciplinar integrando la formación alrededor del paradigma complejo. El resultado que se prevé es el incremento de la inventiva y su competitividad en la generación, diseño y control de procesos productivos que tienen operaciones unitarias, junto a la actualización de métodos y recursos que. Creemos que la formación del ingeniero de producción en base a una visión compleja de las operaciones unitarias redundará en su calificación haciendo frente a las actuales problemáticas con límites más desarrollados, cuyas soluciones responden a la actualidad cibernética y tecnológica.

## 6. REFERENCIAS.

- [1] <http://www.ingenieriaquimica.org/articulos/historia-ingenieria-quimica>.
- [2] Libro Blanco de Ingeniería Química, (2005) Agencia Nacional de Evaluación y acreditación España, 2005.
- [3] **Walter Ritter Ortíz y Tahimi E. Perez Espino** ¿QUÉ SON LOS SISTEMAS COMPLEJOS Y SUS PROCESOS DE EMERGENCIA?
- [4] **Acevedo Borrego, Adolfo AU - Linares Barrantes, Carolina**, (2015) Modelo de conocimiento y creatividad en la ingeniería de procesos. Un enfoque popperiano para desarrollo de productos de la mente humana Centro de Ciencias de la Atmósfera. UNAM, México DF. México.
- [5] MORÍN, Edgar. (1993) "El Método. Naturaleza de la naturaleza". Madrid, Edic. Cátedra,
- [6] Alexander Ortiz Ocaña, (2016) "LA CIENCIA DEL TERCER MILENIO. Hacia un nuevo paradigma epistemológico" University of Magdalena

[7] DE BONO, E. (1999): “El pensamiento creativo. El poder del pensamiento lateral para la creación de nuevas ideas”. México: Paidós.

[8] Elizabeth Contreras, (2002) “INSTITUTO COLOMBIANO DE FOMENTO DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR”, UNESCO CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO COMPLEXUS

[9] Barberousse, Paulette, (2008) “FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL PENSAMIENTO COMPLEJO DE EDGAR MORÍN”. Revista Electrónica Educare

[10] Serna M. Edgar, (2013), “Lógica y abstracción en la formación de ingenieros: una relación necesaria”. Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín Colombia

## 7. BIBLIOGRAFÍA:

Almeida De, M de C., (2008) *Para comprender la complejidad*

Ausubel, D., Novak, J., & Hanesian, H. (1978). *Educational Psicología: A Cognitive View (2nd Ed.)*. New York.

Carrasco J. (2004) *Estrategias de aprendizaje: para aprender más y mejor*. Madrid, España.

Morín, E. (1997) *La necesidad de un pensamiento complejo. En Sergio González(Comp.) Pensamiento complejo. En torno a Edgar Morín, América Latina y los procesos educativos (13-22)*. Santa Fe de Bogotá: Cooperativa editorial Magisterio.

<http://josejavierleon.blog.com.es/2009/08/09/investigacion-accion-participativa-6685948/>



# CARRERA ACREDITADA AL SISTEMA ARCU-SUR, DEL MERCOSUR EDUCATIVO



LA COMISIÓN NACIONAL DE ACREDITACIÓN  
DE CARRERAS UNIVERSITARIAS  
En sujeción y al amparo de la Ley N° 070 de la Educación "Avelino Siñani - Elizardo Pérez"  
del 20 de diciembre de 2010

## CERTIFICA

Que la Carrera de:  
**INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
de la  
**UNIVERSIDAD MAYOR DE  
SAN ANDRÉS**

con sede académica en la ciudad de LA PAZ, ha cumplido  
los criterios establecidos para la

## ACREDITACIÓN

al Sistema ARCU - SUR, del MERCOSUR EDUCATIVO

Este reconocimiento de la Calidad Académica tiene alcance Regional en el MERCOSUR,  
con validez de un periodo de seis (6) años.

La Paz, septiembre de 2019

  
Msc. Lic. Eduardo Cortez Baldivieso  
Presidente de la Comisión Nacional de  
Acreditación de Carreras Universitarias de Bolivia

  
Lic. L. Antonio Carralho Suárez  
Vocal de la Comisión Nacional de  
Acreditación de Carreras Universitarias de Bolivia

  
Abing. Juan Jesús Roberto Rodríguez Ayala  
Vocal de la Comisión Nacional de  
Acreditación de Carreras Universitarias de Bolivia





Universidad Mayor de San Andrés  
Facultad de Ingeniería



Av. Mcal. Santa Cruz Nº 1175  
Plaza del Obelisco  
Mezzanine, Edificio Facultad de Ingeniería  
Tel. 2205000 - 2205067 Int. 1402  
Web: [industrial.umsa.bo](http://industrial.umsa.bo)  
Email: [ingeindustrial@umsa.bo](mailto:ingeindustrial@umsa.bo)  
[ingeindustrialumsa@gmail.com](mailto:ingeindustrialumsa@gmail.com)

Todos los Derechos Reservados, 2021  
La Paz - Bolivia