

**La transdisciplinarización de las Operaciones  
Unitarias en la Carrera de ingeniería Industrial de  
la Universidad Mayor de San Andrés**

**The transdisciplinarization of Unit Operations  
in the Industrial Engineering career of the  
Universidad Mayor de San Andrés**

**Hugo Alberto Mobarec-Clavijo**  
Escuela Militar de Ingeniería - EMI - Bolivia  
hmobcla@yahoo.com  
[doi.org/10.33386/593dp.2022.1-1.781](https://doi.org/10.33386/593dp.2022.1-1.781)

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es la de conocer algunas características importantes de la aplicación de la transdisciplinarización en los proyectos de fin de curso de operaciones unitarias de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Mayor De San Andrés, dentro de su proceso de enseñanza aprendizaje.

El método que se utiliza es de observación cualitativa, dentro del metaanálisis comparativo, en base a una encuesta que analiza críticamente las consideraciones estudiantiles como efecto final de las aplicaciones en los proyectos de fin de curso.

La visión del ingeniero industrial desde la planificación de la carrera, como se ve en su Plan de Estudios busca la formación del ingeniero versátil y consiente de las consecuencias de sus decisiones, con alta sensibilidad social y estructura humanista, capaz de planificar, organizar, dirigir y controlar cualquier tipo de organización.

La introducción intuitiva del análisis complejo y de la transdisciplina como elementos críticos nos lleva al camino de la producción-sociedad-hombre desde las primarias etapas productivas, es decir en las operaciones unitarias. Su observancia y la aceptación del “estilo” de enseñanza refleja a lo largo de la carrera y en la formación del ingeniero. Los resultados obtenidos a través de las conclusiones matizan y nos muestran las variables y categorías de esta integración disciplinar en un intento de conocer lo que motivaría a los estudiantes en este camino.

**Palabras clave:** transdisciplina en ingeniería; sensibilidad social del ingeniero; motivación hacia la transdisciplina

Cómo citar este artículo:

APA:

Mobarec-Clavijo, H., (2022). La transdisciplinarización de las Operaciones Unitarias en la Carrera de ingeniería Industrial de la Universidad Mayor de San Andrés. 593 Digital Publisher CEIT, 7(1), 30-39. <https://doi.org/10.33386/593dp.2022.1-1.781>

Descargar para Mendeley y Zotero

## ABSTRACT

The objective of this research is to know some important characteristics of the application of transdisciplinarization in the end-of-course projects of unit operations of the Industrial Engineering career of the Universidad Mayor De San Andrés, within its teaching-learning process .

The method used is qualitative observation, within the comparative meta-analysis, based on a survey that critically analyzes student considerations as the final effect of applications in end-of-year projects.

The vision of the industrial engineer from career planning, as seen in his Study Plan, seeks the training of the versatile engineer and aware of the consequences of his decisions, with high social sensitivity and humanistic structure, capable of planning, organizing, directing and control any type of organization.

The intuitive introduction of complex analysis and transdiscipline as critical elements leads us to the path of production-society-man from the primary stages of production, that is, in unit operations. Their observance and acceptance of the teaching “style” reflects throughout the career and in the training of the engineer.

The results obtained through the conclusions clarify and show us the variables and categories of this disciplinary integration in an attempt to find out what would motivate students on this path.

**Key words:** transdiscipline in engineering; social sensitivity of the engineer; motivation towards transdiscipline

## Introducción

El objetivo de esta investigación es de conocer algunas características importantes de la aplicación de la transdisciplinarización en los proyectos de fin de curso de operaciones unitarias, en la carrera de ingeniería industrial de la Universidad Mayor de San Andrés de la ciudad de La Paz, Bolivia Mobarec, (2018).

Como método se ha utilizado la observación cualitativa, el metaanálisis comparativo, en base a una encuesta, después de la exposición, debate y análisis crítico de las consideraciones estudiantiles en los proyectos de fin de curso. Estos proyectos han sido elaborados en base a los conocimientos básicos de la asignatura complementados en algunos aspectos de transdisciplina a fin de que los estudiantes, con la dirección del docente, puedan incorporar elementos transdisciplinarios Mobarec, (2018).

Consideramos que la visión del ingeniero industrial debe tener la formación del ingeniero versátil y consiente de las consecuencias de sus decisiones, con alta sensibilidad social y estructura humanista, capaz de planificar, organizar, dirigir y controlar cualquier tipo de organización Carrera de Ingeniería Industrial, (2015).

Creemos que se ha realizado la introducción intuitiva del análisis complejo y de la transdisciplina como elementos críticos lo que nos lleva al camino de la producción-sociedad-hombre desde las primarias etapas productivas, es decir en las operaciones unitarias. Su observancia y la aceptación del “estilo” de enseñanza, pensamos, se refleja a lo largo de la carrera y en la formación del ingeniero Torres, (2015).

Los resultados obtenidos a través del análisis en la discusión y las posibles conclusiones no solo matizan la búsqueda del esfuerzo de transdisciplinar los contenidos básicos de la asignatura, sino, además, nos muestran las variables y categorías de esta integración disciplinar en un intento de conocer lo que motivaría a los estudiantes en este camino.

Creemos que la motivación será un motor para “ver más allá” en esta asignatura que no ha tenido cambios profundos en muchos años, constituyéndose en un árbol de decisiones completamente rígido y predeterminado. Por ello nos interesa entender como dentro del proceso de enseñanza aprendizaje de las Operaciones podemos conocer o al menos inferir qué y cómo, motiva al estudiante a incorporar transdisciplina.

La presente es una investigación cualitativa en la docencia de la asignatura de operaciones unitarias de la carrera de ingeniería industrial de la Universidad Mayor de San Andrés.

A lo largo del curso y a través de la “Observación Participante” y la conformación de “Grupos Nominales” llegamos a los “Grupos de discusión” con las reflexiones en torno a la elaboración de proyectos de fin de curso Torres, (2015).

Finalmente se desea establecer relaciones entre la creatividad-complejidad-transdisciplina-pensamiento complejo en su adaptación al entorno ecológico y social.

El Plan de estudios de la carrera de ingeniería industrial de la UMSA 2015 tiene como:

Misión: “...Formar Ingenieros Industriales altamente calificados con reflexión y pensamientos críticos ... promover interacción estado-empresa-sociedad ... impulsando la transformación y búsqueda conjunta de soluciones innovadoras a la problemática social”.

Visión: “... liderazgo del ingeniero industrial en gestión, diseño, producción, seguridad y salud ocupacional”

Valores y principios: “Carrera multidisciplinaria durante el desempeño laboral”

Objetivo: “...formar ingenieros analíticos, innovadores, prácticos, visionarios y emprendedores ... generadores de bienes y servicios con responsabilidad, ética profesional, coadyuvando en la presentación del medio

ambiente y desarrollo regional.

Las operaciones unitarias fueron y son la base de pensamiento epistemológico de la Ingeniería productiva desde hace más de 80, consolidando la enseñanza de las aplicaciones de las ciencias en torno a una teoría común Mobarec, (2018).

Ejemplos de operaciones unitarias son: Transferencia de fluidos, bombas, compresores, intercambiadores de calor, destilación. Cristalización, filtración, etc.

En la ingeniería de la transformación las operaciones unitarias constituyen ejes de enseñanza académica de Ingeniería de la transformación.

Para la ingeniería Industrial que trabaja con procesos productivos, debe hacer suya esta necesidad de conocimiento y se hace imprescindible, siendo en la Carrera de Ingeniería Industrial 3 asignaturas sucesivas.

El ingeniero industrial debe tener una visión más general y completa. Debe concebir el proceso total como una parte integrante del todo y con ello poder generalizar la comprensión de todo el proceso.

### **Transdisciplina en operaciones unitarias**

El requerimiento técnico básico de las asignaturas es el de poder calcular variables de los procesos de producción, desde el diseño a la extrapolación de resultados, en muchos casos expresados en modelos matemáticos de alta exactitud.

Dado que la oferta tecnológica en la actualidad en cuanto a los equipos, ya están fabricados, pero existe mucha diversidad en oferta y aplicaciones lo que lo lleva al ingeniero a tomar decisiones más allá de los modelajes matemáticos de las operaciones unitarias.

La docencia no solo debe explicar la descripción de equipos como elementos diseñados cuantitativamente, sino que en el

entorno producción-hombre-sociedad, debe incluir análisis de temporalidad, en muchos casos con integración cultural, ancestral asegurando un flujo adecuado en el bucle hombre-producción-sociedad Mobarec, (2018).

El pensamiento bajo el paradigma complejo nos dice que la transdisciplina es “lo que esta, entre las disciplinas”, “a través de las disciplinas” y “más allá de toda disciplina”, situándose en un plano más alto de la visión que solamente relaciona dos variables, construyendo la realidad de manera dinámica y con varios niveles.

Los objetivos de la carrera de ingeniería industrial en la Universidad Mayor de San Andrés pretenden que los ingenieros industriales tengan como su espíritu de formación, características, capacidades de formación técnica, dentro de lo social y lo ético. Tiene objetivos específicos, el perfil del egresado dentro del área de conocimiento debe cumplir 12 grandes temas técnicos Carrera de Ingeniería Industrial, (2015).

Podemos ver que el currículo es muy extenso y variado, así esta descrito en la visión del ingeniero industrial, en su formación, pero, más allá de eso en la aplicación profesional de sus conocimientos, donde se refleja la gran plataforma de actividades humanas que la sociedad le asigna, tal vez sea la más extensa entre todas las profesiones clásicas y tradicionales.

Creemos que la aplicación de la transdisciplina organiza los conocimientos, creando una visión más grande y global, reconociendo diversidades tanto en aplicaciones como en fuentes del conocimiento. constituye el enfoque ideal que permite comprender la complejidad existente en diferentes problemas que se abordan y en donde una parte del objeto de estudio es lo social. La lógica del tercero incluido y la complejidad invitan a tener en cuenta en el desarrollo de estudios, a comprender realidades in situ, tener una mirada abierta hacia la interpretación del contexto y cómo interactúa esa realidad con el mundo

Para el alcance de esta investigación

hemos pretendido transdisciplinizar, primero el concepto, luego la visión de las ciencias puras y sus aplicaciones en las operaciones unitarias, las relaciones humanas, la imaginación y la respuesta efectiva a los problemas de operaciones unitarias en planta de los futuros ingenieros industriales y la búsqueda de recursos.

### Principios de complejidad utilizados

Principio Recursivo, se orienta a la auto reproducción y autoorganización de los sistemas humanos. Se trata de un bucle regenerador, en donde productos y efectos son ellos mismos productores o causas de quien los produce.

Principio de autonomía dependencia (auto-eco-organización), desde este principio, los seres vivos son considerados como seres auto organizadores que se auto -reproducen sin cesar, gastando una cantidad de energía para realizar ese proceso de autonomía

Principio dialógico, da cuenta de una constante comunicación entre el universo y el hombre. Esta situación se remonta al génesis del universo; en ese estado y a partir de la agitación calorífica (desorden), se producen estados de orden, constituyendo núcleos como los átomos, las galaxias y las estrellas Morin (2017).

### Metodología

1. Definición del objetivo: El objetivo principal de esta actividad es lograr la comprensión de algunos mecanismos de la transdisciplinización, desarrollados a través del desarrollo del proyecto de fin de curso en las operaciones unitarias de ingeniería industrial.
  2. Diseño muestral: El universo de la investigación fue la totalidad del curso de Operaciones Unitarias de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Mayor de San Andrés. Por ello fue una muestra censal.
  3. Diseño de la estrategia de enseñanza-aprendizaje: Se utilizó la estrategia activa de elaboración de “proyectos”, la “Observación Participante” y conformación de “Grupos Nominales” para llegar a los “Grupos de discusión” con las reflexiones en torno a la elaboración de proyectos de fin de curso.
  4. Acciones desarrolladas:
    - 4.1 Se desarrolló una encuesta en base al contenido de los proyectos.
    - 4.2 Se crearon grupos afines de 5 estudiantes para discusión de los contenidos de los proyectos.
    - 4.3 Se definió cual fue la aplicación de los conocimientos de la asignatura, y la inserción de los factores que se considerasen transdisciplinares en cada proyecto.
- Se respondió de manera personal la encuesta.
- Se retroalimentó las conclusiones particulares a fin de que las estudiantes estén presentes como gestores y elementos reflexivos al cambio.
- Los estudiantes se han visto involucrados en las consecuencias de escoger algún camino tecnológico y pudieron ver sus consecuencias.
- Se ha tabulado y clasificado las respuestas con porcentaje de participación en las mismas.
- Se ha llegado a conclusiones en cada pregunta de acuerdo con la naturaleza de la misma.

## Resultados

**Figura 1**

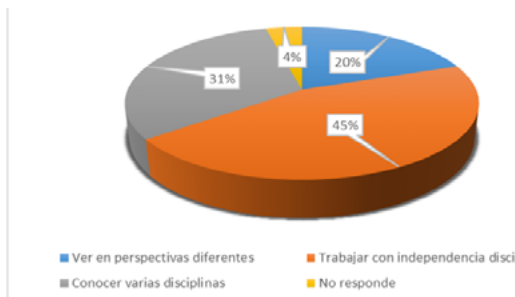
*Pregunta 1: ¿Qué entiende por interdisciplinariedad en el ejercicio profesional? ¿Cómo se la debe aplicar para aprender en clases de ingeniería?*



La interdisciplinariedad se la considera principalmente como combinar disciplinas en busca de un objetivo mayor; un porcentaje del 21 % cree que se debe cruzar los límites tradicionales y sorprendentemente un 12 % cree que la interdisciplina afecta la profundidad disciplinar.

**Figura 2**

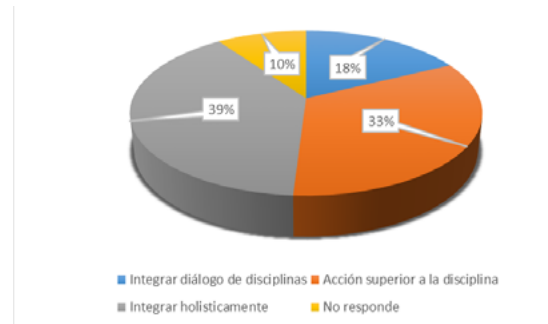
*Pregunta 2: ¿Qué entiende por multidisciplinariedad en el ejercicio profesional? ¿Cómo se la debe aplicar para aprender en clases de ingeniería?*



La multidisciplinariedad es asimilada de tres maneras primero como un trabajo de independencia disciplinaria, conocer varias disciplinas y ver desde perspectivas diferentes.

**Figura 3**

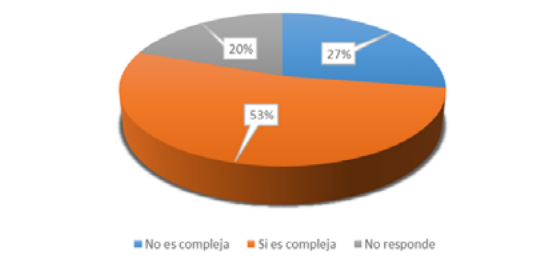
*Pregunta 3: ¿Qué entiende por transdisciplinariedad en el ejercicio profesional? ¿Cómo se la debe aplicar para aprender en clases de ingeniería?*



De forma parecida al anterior análisis, la transdisciplinariedad es considerada mayormente como la integración holística de todo el entorno estudiado, generando una acción superior a las disciplinas por si solas mediante el dialogo de disciplinas. Es de recalcar que solo habrá transdisciplina cuando se integren en consideraciones de causa y efecto las disciplinas y sus visiones.

**Figura 4**

*Pregunta 4: ¿Es la ciencia compleja? ¿Por qué?*

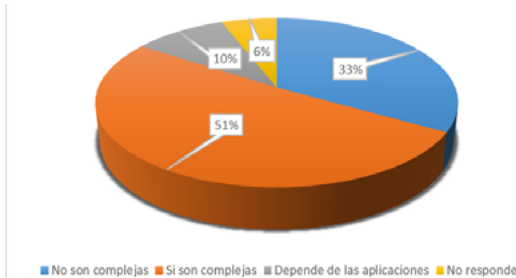


Un 53 % piensa que las ciencias son complejas, cerca al 30 % no las considera complejas, sorprende que un 20 % no responda. Cabe hacer notar que existe en ingeniería, un muy arraigado paradigma de que las ciencias son positivas, cuantitativas y generales.



**Figura 5**

*Pregunta 5: ¿Las aplicaciones de la ciencia en Ingeniería Industrial son complejas? ¿Cómo se manifiestan?*



Esta pregunta hace referencia a ciencias aplicadas, y ahí se puede ver que, si las consideran complejas en su mayoría, un 33 % aun las consideran no complejas y un 10 % están pensando que depende de las aplicaciones específicas son las complejas. Un 6 % se abstiene de responder.

**Figura 6**

*Pregunta 6: ¿Las relaciones humanas en las fábricas son complejas? ¿Cómo cree que se las debe encarar?*



Una gran mayoría considera la complejidad en las relaciones humanas en las fábricas, siendo el trabajo en equipo la forma de encarar estas relaciones.

**Figura 7**

*Pregunta 7: ¿Comprender a las variables de producción como complejas e interrelacionadas entre si ayudará al desempeño del ingeniero industrial?*



Un gran porcentaje cree que las interrelaciones generan los planes, que, si pueden ayudar mucho al desempeño del ingeniero industrial, pero que en determinados momentos pueden ser muy complejas.

**Figura 8**

*Pregunta 8: ¿Se mostrará la ética y la creatividad al relacionar conceptos entre diferentes asignaturas? ¿Qué líneas de asignaturas?*



Un 37 % cree que, si se manifiestan como ideas básicas, y si se muestran en la ética y la creatividad, un 29 % cree que, en la relación de estas ideas, y el 20 % cree que no depende de la complejidad.

**Figura 9**

*Pregunta 9: ¿El uso de recursos a través del internet podrá apoyar a entender mejor la complejidad profesional del ingeniero industrial?*



Una gran mayoría cree que si, es de gran apoyo. Un 25 % cree que ofrece mucha información útil. Un 22 % cree que solo es información de referencia inicial.

**Figura 10**

*Pregunta 10: ¿La ciencia debe ser general y determinista o involucrar factores humanos de organización en el profesional ingeniero industrial?*



Una mayoría del 55 % cree que, si se debe involucrar factores humanos, un 21 % cree que la ciencia es general y determinística que no se debe mezclar con aspectos humanos, sin embargo, un 18 % cree que son las dos situaciones.

**Discusión**

Se ha tocado oficialmente en clases por primera vez los conceptos de inter, multi y transdisciplina aplicándolos al entorno de la producción a través de las operaciones unitarias. Ahora están familiarizados con ellos comprendiéndolos en su perspectiva general. Seguramente establecerán estas categorías

en todas sus asignaturas como modelo de pensamiento.

Se considera la opción de análisis global, considerando que los sistemas a pesar de ser definidos por modelos de ecuaciones tienen comportamiento dinámico, representando una visión no solo fotográfica estática sino compleja y con consecuencias de gran impacto. Ahora verán un panorama ligado entre muchas variables en temas que antes tenían solo una consideración “técnica”, como consecuencia de la aplicación de ciencia conductista.

Se abre la mente a creer que las ciencias pueden ser complejas y no solo lineales y reduccionistas. Claro que a veces el reduccionismo es un análisis suficiente y efectivo, pero a veces se requiere pensar y cuestionar si sus consecuencias van más allá de este planteamiento unívoco.

Se ha determinado que las aplicaciones de las ciencias en ingeniería industrial a través de las operaciones unitarias son complejas, exigiéndonos muchas veces a analizar desde las consecuencias de implicancia no percibidas por la simplicidad de los modelos.

La organización no libera al trabajo en equipo de su complejidad y las múltiples variables humanas, pues al ser las relaciones humanas muy complejas deben estar en armonía con los métodos de producción de las operaciones unitarias. Se vio que el factor humano, como los aspectos ambientales y no solo la tecnología, tienen una gran importancia en la producción.

Al conocer la realidad como una construcción de más variables, se ve claramente que las decisiones que se tomen implicarán aspectos éticos y creativos que se generan y manifiestan en las aplicaciones de las operaciones unitarias.

**Trabajos para desarrollar**

Incorporar en el currículo de operaciones unitarias los conceptos y sus aplicaciones de inter, multi y transdisciplina. Especialmente en



las aplicaciones globales de toda la industria, desde la materia prima al producto terminado.

Generar y estimular la discusión en clases, viendo siempre la totalidad de las relaciones socio-tecno-humano, de manera que se habilite una costumbre hacia la interpretación de las consecuencias y objetivos.

Abrir debate para considerar que la ciencia y sus aplicaciones están al servicio del hombre.

Mostrar que las relaciones humanas influyen en la producción.

Aceptar y enfrentar decisiones en lo ético y creativo a través del debate de las influencias de las operaciones unitarias.

### Referencias bibliográficas

- Mobarec, H., (2018). *Desarrollo de la investigación de acción participativa de la metodología activa de "desarrollo de proyectos" buscando la transdisciplinariedad en operaciones unitarias*. Escuela Militar de Ingeniería. La Paz, Bolivia.
- Mobarec, H., (2018). *Diagnóstico de la relación del bucle educativo de aprendizaje, complejidad y transdisciplinariedad en la asignatura de operaciones unitarias. Informe doctoral de practica educativa. Escuela Militar de Ingeniería*. La Paz, Bolivia.
- Carrera de Ingeniería Industrial, (2015) *Plan de estudios de ingeniería Industrial*. Universidad Mayor de San Andrés.
- Torres, L. C., «Transdisciplina e ingeniería», Rev. vínculos, vol. 12, n.º 2, dic. 2015.
- Mobarec, H., (2018). *Diagnóstico de la relación del bucle educativo de aprendizaje, complejidad y transdisciplinariedad en la asignatura de operaciones unitarias. Informe doctoral de practica educativa. Escuela Militar de Ingeniería*. La Paz, Bolivia.
- Mobarec, H., (2018). *Estrategias complementarias para el proceso enseñanza aprendizaje en la asignatura de operaciones unitarias I, en Ingeniería Industrial*. Tesis de maestría. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia
- Morín, E., (1997). *La necesidad de un pensamiento complejo. En Sergio Gonzales. En torno a Edgar Morín, América Latina y los procesos educativos*. Santa Fe de Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.
- Almeida De, M de C., (2008) *Para comprender la complejidad*
- Ausubel, D. P. (1973). *La educación y la estructura del conocimiento. Investigaciones sobre el proceso de aprendizaje y la naturaleza de las disciplinas que integran el currículum*. Ed. El Ateneo. Buenos Aires.
- Ausubel, D. Robinson, F. (1969). *School Learning: An Introduction To Educational Psychology*. New York: Holt, Rinehart & Winston. ISBN 978-0-03-076705-0
- Ausubel, D., Novak, J., & Hanesian, H. (1978). *Educational Psychology: A Cognitive View (2nd Ed.)*. New York.
- Carrasco J. (2004) *Estrategias de aprendizaje: para aprender más y mejor*. Madrid, España.
- CEUB. (2014). *XII Congreso nacional de universidades*. La Paz Bolivia.
- CEUB. (2015). *Modelo académico del sistema de la universidad boliviana 2015-2019*. La Paz Bolivia.
- González J. (2016). *La Transcomplejidad una nueva forma de pensar la educación*. Rev. Cs.Farm. y Bioq. UMSA. La Paz, Bolivia.
- González, J. (2004). *Teoría educativa transcompleja: Educación compleja y transdisciplinar / Juan Miguel González Velasco (2a. ed. --.)*. Escuela Militar de Ingeniería. La Paz Bolivia.

- González, J. (2008). *Evaluación Metacompleja*. IICAB. La Paz, Bolivia
- González, J. (2010). *Teoría Educativa Transcompleja*. 1ra. Ed. Escuela Militar de Ingeniería IICAB. La Paz Bolivia
- González, J. y otros autores (2009). *Investigación Científica desde el Paradigma de la Complejidad*. Escuela Militar de Ingeniería IICAB. La Paz, Bolivia.
- Margery B. (2010). *Complejidad, transdisciplinariedad y complejidad*.
- Nicolescu, B. (2009). *La transdisciplinariedad Manifiesto, Multidiversidad Nuevos paradigmas: Cultura y subjetividad*. Buenos Aires: Paidós
- Parra, D. (2003). *Manual De Estrategias De Enseñanza/Aprendizaje*. Sena, Regional Antioquia. Colombia.
- Sanabria, F. (2015). *Plan Estratégico Institucional 2016-2018 Con Visión Al 2030 Por Una Nueva Universidad Autónoma Intercultural Junto A Su Pueblo*. UMSA. La Paz, Bolivia.