

# **PROPUESTA DE PROYECTO DE GRADO INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**SEMESTRE 2025-20**

**PEDRO JOSE SANCHEZ MARTINEZ  
202215902**

**YURLEY KATHERINNE QUIROGA DURAN**

**ANDRES MEDAGLIA GONZALEZ  
KARLA TATIANA PARRA PARIAS**

## 1. TÍTULO DEL PROYECTO (15 - 20 palabras)

Modelo de predicción del precio del cacao en Colombia bajo condiciones de incertidumbre para la toma de decisiones estratégicas en la cadena de valor.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA/NECESIDAD

### 2.1. Situación Actual (etapa identificación/caracterización)

La creciente demanda internacional por cacao de origen y calidad diferenciada representa una oportunidad estratégica para cadenas de valor colombianas como la de Arauca propuesta por Cortés et al. (2024). La volatilidad del precio del cacao impacta directamente la toma de decisiones en la cadena postcosecha: compras, ventas, y diseño de incentivos a productores. Este proyecto requiere una herramienta de *forecasting* que capture la dinámica y la incertidumbre del precio del cacao en Colombia para tomar decisiones operativas y financieras. Actualmente existe información histórica de precios y factores explicativos (precios internacionales, tipos de cambio, variables climáticas), pero no hay un modelo validado que entregue pronósticos con bandas de incertidumbre y que demuestre ser representativo para decisiones en la práctica.

### 2.2. Diseño (texto o tabla)

El proyecto desarrollará un modelo de pronóstico para el precio del cacao en Colombia con métodos de series de tiempo tradicionales y modelos de *machine learning*. Se evaluarán y compararán enfoques, se construirán intervalos de predicción mediante métodos analíticos y se validará su utilidad para la toma de decisiones mediante test estadísticos. Finalmente, se propondrán reglas de decisión que usen las predicciones y sus intervalos para orientar acciones concretas (p. ej. activar incentivos por calidad o decidir compras/ventas).

En resumen, se busca a crear un modelo que prediga el precio del cacao en Colombia, construido probando varios métodos, desde los más sencillos hasta otros más modernos, para comparar cuál funciona mejor:

1. Se empieza con modelos simples que usan solo el pasado del precio

- (modelos básicos).
2. Luego se mira cómo el precio se relaciona con otras variables (modelos multivariados).
  3. Después se prueba con técnicas modernas que buscan patrones (Machine Learning).
  4. En todos, se saca un rango de posibles valores (bandas/intervalos de incertidumbre).
  5. Finalmente, se revisa cuál fue más acertado y se propone como herramienta a usar.

### 2.3. Normatividad, regulaciones y estándares nacionales e internacionales. (texto o tabla)

Se consultarán y considerarán las referencias normativas y estadísticas relevantes para series de precios y comercio de granos y derivados: reportes y bases de datos de entidades nacionales (Ministerio de Agricultura, DANE, ICA), organismos internacionales (ICCO, FAO) y mercados de futuros para alinear la definición de series de precio y unidades de medida. El proyecto respetará normas de manejo de datos y propiedad intelectual al usar fuentes públicas y/o autorizadas.

### 2.4. Antecedentes (etapa identificación/caracterización)

La bibliografía sobre *forecasting* de *commodities* muestra que combinar modelos clásicos con técnicas de ML mejora la predicción fuera de muestra en presencia de no linealidades y cambios inesperados que afectan el sistema. Estudios aplicados en granos y café han utilizado ARIMA/SARIMA y modelos VAR para capturar la dinámica temporal y relaciones con variables macro y climáticas; trabajos recientes incorporan modelos ML y LSTM para capturar patrones no lineales y producir intervalos de incertidumbre mediante enfoques bayesianos o de *bootstrapping*. En el contexto colombiano y latinoamericano existen análisis de precios agrícolas y estudios sobre cómo la incertidumbre de precio afecta decisiones de inventario y pagos a productores (se añadirán referencias concretas en la versión final).

### 2.5. Situación Deseada

Contar con un modelo validado que entregue pronósticos del precio del

cacao en horizontes cortos y medios, con intervalos de predicción robustos y una guía de decisión práctica para usar esas estimaciones en políticas de compra/venta y activación de incentivos a productores.

## 2.6. Análisis de consecuencias de la situación final

- **Positivas:** Mejor toma de decisiones en la cadena de valor, menor riesgo de pérdidas por malas decisiones de comercialización, mayor capacidad de diseñar incentivos relevantes, aporte al proyecto original del diseño de la cadena de valor postcosecha.
- **Negativas:** Modelo imperfecto (falsas alarmas o señales tardías), dependencia de la calidad de datos, necesidad de mantener el modelo actualizado o con recalibraciones.

### 2.6.1. Ética

Diligenciar el formulario que corresponda ([proyecto con riesgo](#) o [proyecto sin riesgo](#)) para que su proyecto pueda ser revisado y evaluado por el Comité de Ética de la Facultad de Ingeniería.

El proyecto involucra únicamente el uso de información secundaria y simulaciones basadas en datos agregados, sin recopilar información sensible de personas naturales ni intervenir directamente en comunidades productoras. Por tanto, se clasifica como un proyecto **sin riesgo** para los participantes. No obstante, se garantizará el manejo ético de los datos utilizados, respetando principios de confidencialidad, integridad de la información y citación adecuada de las fuentes. Cualquier acercamiento futuro a validación de resultados en campo se realizaría bajo consentimiento informado y en estricto cumplimiento de las normas éticas universitarias y nacionales vigentes.

## Cursos/herramientas/metodología a usar en el proyecto

El desarrollo del proyecto integrará herramientas y metodologías aprendidas en varios cursos clave del programa de Ingeniería Industrial, principalmente en las áreas de **Investigación de Operaciones** y **Finanzas**, articulando conceptos técnicos y económicos para abordar un problema real en el sector agroindustrial.

Desde el área de **Investigación de Operaciones y Estadística**, se aplicarán los conceptos de *Probabilidad y Estadística I y II (IIND-2106, IIND-2107)* para realizar el análisis exploratorio de datos, pruebas de estacionariedad y validación de supuestos estadísticos. Adicionalmente, se usarán los fundamentos aprendidos en *Sistemas de Apoyo a la Decisión (IIND-2109)*, que permiten organizar y manejar información mediante hojas de cálculo y herramientas computacionales (como Excel, VBA y R), así como en *Simulación de Eventos Discretos (IIND-3113)*, donde se adquirieron bases para calibrar escenarios y evaluar la incertidumbre en sistemas dinámicos. El curso de *Analítica Computacional para la Toma de Decisiones (IIND-4130)* aporta la formación en el manejo de datos con Python y en la implementación de modelos de *machine learning*, lo cual será central para el desarrollo de los modelos de pronóstico.

Desde el área de **Economía y Finanzas**, se integrarán los conocimientos de *Sistemas de Control Gerencial (IIND-2400)*, que permiten comprender el impacto de las decisiones financieras en las operaciones, así como los de *Análisis de Decisión de Inversión (IIND-2401)*, que ofrecen herramientas de evaluación financiera, construcción de escenarios y simulaciones para apoyar la toma de decisiones bajo incertidumbre. Finalmente, el curso de *Finanzas (IIND-3400)* aporta la comprensión de los conceptos de micro y macroeconomía que son relevantes para contextualizar la dinámica de los precios del cacao en relación con el mercado global y factores económicos nacionales.

En conjunto, estas herramientas metodológicas permitirán abordar el proyecto desde dos frentes: (1) la construcción y validación de modelos estadísticos y computacionales para el pronóstico del precio del cacao, y (2) la interpretación financiera y económica de los resultados, asegurando que las predicciones se traduzcan en recomendaciones útiles para la toma de decisiones dentro de la cadena de valor.

**Tabla 1.** Lista de cursos a usar en el proyecto de grado

Área	Cursos	Código	A Usar	Descripción de las herramientas del curso que piensa integrar en su proyecto
Investigación de Operaciones y Estadística	PRINCIPIOS OPTIMIZACIÓN	IIND-2103		
	MODELOS PROBABILÍSTICOS	IIND-2104		
	PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA I	IIND-2106	X	Conceptos básicos de probabilidad y estadística
	PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA II	IIND-2107	X	Conceptos avanzados de estadística, uso de R
	SISTEMAS APOYO A LA DECISIÓN	IIND-2109	X	Uso de Excel como herramienta de apoyo
	SIMULAC. EVENTOS DISCRETOS	IIND-3113	X	Calibración de escenarios de simulación
	ANALITICA COMP. PARA LA TOMA...	IIND-4130	X	Manejo de datos en Python y modelos ML
		IIND-		
		IIND-		
Producción y Logística	CONTROL DE PRODUCCIÓN	IIND-2201		
	FUNDAMENTOS DE PRODUCCIÓN	IIND-2202		
	LOGÍSTICA	IIND-3221		
		IIND-		
		IIND-		
		IIND-		
Gestión de Organizaciones	PENS SISTÉMICO ORGANIZACIONES	IIND-2302		
	DINÁMICA DE SISTEMAS	IIND-2301		
	ESTRATEGIA ORGANIZACIONAL	IIND-3311		
	SISTEMAS DE NEGOCIACIÓN	IIND-4414		
		IIND-		
		IIND-		
Economía y Finanzas	SIST. DE CONTROL GERENCIAL	IIND-2400	X	Conceptos económicos básicos
	ANALIS.DECISIÓN INVERSIÓN	IIND-2401	X	Análisis financiero y simulaciones
	FINANZAS	IIND-3400	X	Conceptos de micro y macroeconomía
		IIND-		

## 2.7. Pregunta de investigación (etapa formulación)

¿Cómo diseñar y validar un modelo de pronóstico del precio del cacao en Colombia que entregue predicciones y bandas de incertidumbre representativas y útiles para apoyar decisiones estratégicas en la cadena de valor?

## 3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO (2 párrafos)

- ¿Por qué se escogió o por qué se formuló ese problema/negocio/empresa?
- ¿Para qué debe hacerse la investigación en ese tema? ¿Cuál es el valor agregado de su proyecto? Justifique con razones.



El proyecto busca llenar un vacío concreto dentro de una iniciativa real de una cadena de valor para aumentar la producción de cacao fino de sabor en Arauca, donde si bien se ha trabajado en temas operativos, aún no existe una forma sólida de estimar el precio del cacao. En ese orden de ideas, se hace necesario un insumo técnico: un *forecast* robusto que capture la dinámica de precios y permita tomar decisiones según escenarios de incertidumbre.

La capacidad de anticipar movimientos del precio del cacao reduce la exposición al riesgo y permite decisiones más eficientes de compra/venta e incentivos para productores. Desde la perspectiva académica y profesional, el proyecto combina teoría (modelos de series temporales y ML) y práctica (validación con datos reales y reglas de decisión). El alcance es factible en el periodo académico y aporta una herramienta aplicable en la gestión financiera y operativa de la cadena cacaotera en Arauca y otras regiones.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. Objetivo general

Desarrollar y validar un modelo de pronóstico del precio del cacao en Colombia que incluya intervalos de incertidumbre y sea aplicable para la toma de decisiones en la cadena postcosecha.

### 4.2. Objetivos específicos

- Recolectar y preparar series históricas de precios del cacao (nacional e internacional) y variables explicativas (TRM, variables climáticas, indicadores macro, volúmenes de exportación/importación, etc.).
- Realizar análisis exploratorio: estacionalidad, tendencias, rupturas estructurales y correlaciones con variables explicativas.
- Implementar y comparar modelos de series de tiempo clásicas y modelos de *machine learning*.
- Construir intervalos de predicción robustos y evaluar su calibración.
- Validar el modelo completo mediante *backtesting* y pruebas estadísticas, así como diseñar reglas de decisión para aplicaciones prácticas.
- Documentar el código y entregar la herramienta con recomendaciones de uso y mantenimiento.



## 5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES (TENTATIVO)

### Semana 3 (18–24 ago)

- Revisión y compilación de fuentes de datos (precios históricos nacionales e internacionales, TRM, datos climáticos).
- Análisis exploratorio de datos, identificación de estacionalidad y rupturas estructurales significativas; selección de variables explicativas.

### Semanas 4–5 (25 ago–7 sep)

- Implementación de modelos básicos: ARIMA/SARIMA y SARIMAX.

### Semanas 6–7 (8–21 sep)

- Implementación modelos multivariados: VAR/BVAR y modelos de espacio de estados.

### Semanas 8–9 (22–25 sep, semana de receso, 6–12 oct)

- Implementación de modelos ML: XGBoost, Random Forest, LSTM.

### Semanas 10–11 (13–26 oct)

- Comparativa y selección de modelos.
- Construcción de bandas/intervalos de predicción.
- Evaluación de calibración.

### Semanas 12–13 (27 oct–9 nov)

- *Backtesting* intensivo y pruebas estadísticas relevantes.
- Diseño de políticas de decisión.

### Semanas 14–16 (10–31 nov)

- Afinamiento final del modelo, documentación del código, elaboración de guía de uso e implementación.
- Redacción final de la tesis, preparación de presentación y defensa; entrega final.



## 6. LISTA DE REFERENCIAS (Mínimo 3)

Cortés, M. F., Parra, K., Rodríguez, D., Ardila, C., Escobar, S., Van Hoof, B., Mura, I., Rodríguez, J., & Medaglia, A. L. (2024). A value chain modeling approach for upscaling the production of fine flavor cocoa in Arauca (Colombia). *International Transactions in Operational Research*. <https://doi.org/10.1111/itor.13563>

(Se completará en la versión final)

- Artículos sobre forecasting de commodities.
- Estudios aplicados al cacao y análisis de precios agrícolas.
- Documentos institucionales ICCO / FAO para series de precios y definiciones.