



*Búsqueda de Oportunidades de la Base de Precios Unitarios en el Sector Público
– Caso GAD Cuenca*

*Search for Opportunities of the Unit Price Base in the Public Sector – GAD
Cuenca Case*

*Busca de Oportunidades da Base de Preços Unitários no Setor Público – Caso
GAD Cuenca*

Manuel Patricio Tenorio Tupacyupanqui ^I
manuel.tenorio.54@est.ucacue.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-7502-4037>

Diego Aquiles Heras Benavides ^{II}
dherasb@ucacue.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-8729-0981>

Pablo Tiberio Vásquez Quiroz ^{III}
pablo.vasquez@est.ucacue.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-3261-5523>

Correspondencia: manuel.tenorio.54@est.ucacue.edu.ec

Ciencias de la Educación
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 23 de noviembre de 2022 * **Aceptado:** 12 de diciembre de 2022 * **Publicado:** 24 de enero de 2023

- I. Ingeniero Civil, Posgradista en el Programa de Maestría en Construcciones con mención en Administración en la Construcción Sustentable en la Universidad Católica de Cuenca, Cuenca Ecuador.
- II. Ingeniero Electrónico, Máster en Ingeniería Computacional y Matemática, Master en Gerencia y Liderazgo Educativo, Máster en estadística aplicada con R software, Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- III. Ingeniero Civil, Maestría en Gerencia Empresarial – MBA – UASB, Project Management Professional - PMP® – PMI, Disciplined Agile Scrum Master - DASM® - PMI, Especialista en Negociación. Docente en el Programa de Maestría en Construcciones con mención en Administración en la Construcción Sustentable en la Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

Resumen

La contratación de obras de ingeniería y arquitectura en el Ecuador en el sector público es uno de los ejes principales en la economía, así mismo el estado ecuatoriano es el mayor generador de infraestructura para la población como vías, parques y readecuación de espacios públicos en general, es por ello que en la presente investigación se realiza una recopilación, pre procesamiento, análisis y búsqueda de oportunidades para optimizar los análisis de precios unitarios y los recursos que los componen y que conforman los rubros de trabajo que se licitan en concursos públicos a través de la Ley de Contratación pública del país. Como caso de estudio se escogió al Gobierno Autónomo del cantón Cuenca, el cual cuenta con los suficientes rubros de trabajo, para ello se realizó un sistema de filtrado y análisis de los datos de recursos y rubros para ser implementados en los presupuestos referenciales de obra mediante sistemas ágiles, tecnológicos y estadísticos que brinden un fácil manejo de la información, sustentado en plataformas digitales y bases de data accesibles; en la ciudad de Cuenca los análisis de precios unitarios utilizados carecen de una optimización basada en un marco metodológico en el sector público, el objetivo general es obtener la base centralizada, optimizada y que permita la ejecución más eficiente en la elaboración de presupuestos de obras civiles y arquitectónicas. Como resultados se definieron parámetros a filtrar en una base de datos y se aplicó un algoritmo que utiliza modelos de regresión lineal para determinar las pendientes del modelo, estos modelos representan las oportunidades en los cambios de los diferentes rubros y recursos que conforman la base de análisis de precios unitarios más óptimos sustentado en el histórico de precios desde el año 2019.

Palabras Clave: Análisis de precios unitarios; APU; construcción; contratación; obras; regresión lineal.

Abstract

The contracting of engineering and architecture works in Ecuador in the public sector is one of the main axes in the economy, likewise the Ecuadorian state is the largest generator of infrastructure for the population such as roads, parks and readjustment of public spaces in general. , that is why in the present investigation a compilation, pre-processing, analysis and search for opportunities is carried out to optimize the analysis of unit prices and the resources that compose them and that make up the work items that are tendered in public tenders through of the country's Public Procurement Law. As a case study, the Autonomous Government of the Cuenca canton was chosen,

which has sufficient work items, for which a filtering and analysis system of resource and item data was carried out to be implemented in the referential work budgets through agile, technological and statistical systems that provide easy information management, supported by digital platforms and accessible databases; In the city of Cuenca, the analysis of unit prices used lacks an optimization based on a methodological framework in the public sector, the general objective is to obtain the centralized, optimized base that allows the most efficient execution in the elaboration of civil works budgets. and architectural. As results, parameters to be filtered in a database were defined and an algorithm was applied that uses linear regression models to determine the slopes of the model, these models represent the opportunities in the changes of the different items and resources that make up the analysis base. optimal unit prices based on historical prices since 2019.

Keywords: Analysis of unitary prices; PUA; building; hiring; plays; linear regression.

Resumo

A contratação de obras de engenharia e arquitetura no Equador no setor público é um dos principais eixos da economia, da mesma forma o estado equatoriano é o maior gerador de infraestrutura para a população como estradas, parques e readequação de espaços públicos em geral. , é por isso que na presente investigação é realizada uma compilação, pré-processamento, análise e busca de oportunidades para otimizar a análise dos preços unitários e dos recursos que os compõem e que compõem os itens de trabalho que são licitados através de a Lei de Licitações Públicas do país. Como estudo de caso, foi escolhido o Governo Autônomo do cantão de Cuenca, que possui itens de trabalho suficientes, para o qual foi realizado um sistema de filtragem e análise de dados de recursos e itens a serem implementados nos orçamentos de trabalho referenciais por meio de métodos ágeis, tecnológicos e estatísticos sistemas que facilitem a gestão da informação, suportados em plataformas digitais e bases de dados acessíveis; Na cidade de Cuenca, a análise de preços unitários utilizada carece de uma otimização com base em um quadro metodológico no setor público, o objetivo geral é obter a base centralizada e otimizada que permite a execução mais eficiente na elaboração de orçamentos de obras civis. e arquitetônico. Como resultados, foram definidos parâmetros a serem filtrados em um banco de dados e aplicado um algoritmo que usa modelos de regressão linear para determinar as inclinações do modelo, esses modelos representam as oportunidades nas mudanças dos diferentes itens e recursos que compõem a base de análise . preços unitários ideais com base em preços históricos desde 2019.

Palavras-chave: Análise de preços unitários; API; prédio; contratando; tocam; regressão linear.

Introducción

La construcción en el Ecuador es uno de los pilares que mueve la economía del país, el cual reporta aproximadamente un valor superior al 8% del PIB nacional (Revista Gestión Ecuador, 2020), la manera de valorar un proyecto desde el punto de vista técnico y económico es su presupuesto referencial, el cual es la suma y análisis de los equipos, materiales, mano de obra y transporte de los elementos indispensables para conformar los rubros que lo componen, creando así un “análisis de precio unitario” o su acrónimo APU. El análisis de precios consiste en obtener un precio final por unidad de obra de un rubro, que contempla el conjunto de operaciones manuales y mecánicas, en el cual intervienen: costos directos y costos indirectos, los costos directos consisten en la suma de precios unitarios de cuatro componentes: materiales, mano de obra, equipos y transporte, y los costos indirectos en gastos administrativos y de obra. (Naranjo, 2007)

Debido a varias restricciones e inestabilidad económica y social, la inversión privada en construcción se ha visto reducida, el Ecuador al ser un país aún en vías de desarrollo, todavía es el gestor mayoritario de los grandes proyectos de infraestructura para la población (Vera et al., 2016), los cuales se ven reflejados en los distintos planes anuales de contratación de las instituciones públicas estatales y de gobiernos descentralizados. La necesidad de contar con una base central de análisis de precios unitarios surge de la opinión institucional y la de los oferentes, de tener los mismos criterios técnicos con los cuales poder llevar a cabo un proceso de contratación de obras de una manera eficiente, donde los recursos del Estado se empleen las restricciones de costo/tiempo/calidad.

La Ley Ecuatoriana es muy clara al respecto, toda entidad del sector público, previamente a la convocatoria a concurso público, deberá certificar la disponibilidad presupuestaria y la existencia presente o futura de recursos suficientes para cubrir las obligaciones derivadas de la contratación. (LEY ORGÁNICA DEL SISTEMA NACIONAL DE CONTRATACIÓN PÚBLICA, 2021), es por ello que el presupuesto de la obra es fundamental en la contratación de proyectos.

Históricamente la Contratación Pública ha representado uno de los grandes desafíos de los gobiernos, puesto que, en ella confluyen una serie de factores que la hacen especialmente compleja: Por un lado la necesidad de los gobiernos de contratar obras, bienes y servicios necesarios para su

funcionalidad, pero sobre todo para atender las necesidades de los habitantes de su país, especialmente aquellas que demandan ingentes inversiones y están destinadas a la prestación de servicios públicos; por otra parte, el cumplimiento de los principios de legalidad, trato justo, igualdad, calidad, vigencia tecnológica, oportunidad, concurrencia, transparencia y publicidad, que garanticen la participación en igualdad de condiciones de todos los proveedores, así como la óptima utilización de los recursos públicos. (Landázuri & Neira Orellana, 2014)

Mediante la mejora en la gestión pública a partir de la constitución del 2008, en el marco de un estado comprometido con el buen vivir, dirigida de principios y guiada a contribuir al desarrollo social y económico fomentando la participación nacional sobre todo de los actores de la economía popular y solidaria se promueve la creación de la Ley Orgánica de Sistema Nacional de Compras Públicas con una política fiscal que establece criterios rígidos para la contratación de bienes, servicios y obras en instituciones del estado. El sistema de compras públicas del estado en todas sus etapas constituye un importante elemento de la gestión pública ya que beneficia la democratización en las contrataciones o adquisiciones, en términos mejor coste posible, inclusión y redistribución social de las riquezas. (Llanos Reyes, 2019).

La falta de uniformidad en criterios técnicos con respecto a la conformación de los costos de una obra incide de una manera primordial en la programación de proyectos, lo que ha desencadenado que los mismos sufran de un sobre costo en el momento de la etapa contractual (S.-Y. Kim et al., 2017), además los servidores públicos que pertenecen a las áreas técnicas encargados de los estudios técnicos y económicos requieren una transformación, que permita cambiar modelos mentales, operativos y estratégicos, a fin de que se produzca un cambio positivo en los mismos (Espín Moya, 2015), por tanto, una mejora en los procesos internos de la institución pública que permitan mejorar el análisis de precios mediante herramientas computacionales son una de las soluciones a corto plazo (Barber et al., 2000).

Esto ha incurrido que el GAD de Cuenca, al tener varias direcciones y gestoras de proyectos, cuyos diseños van desde la restauración de bienes patrimoniales, parques y plazoletas, intercambiadores de tráfico, puentes, ciclo vías, calles, etc., (AWM - I, 2020) y de la contratación de consultorías a través de los años, se ha llegado a contar con más de 7500 APU'S, los cuales no se encuentran centralizados, actualizados, sino que, se mantienen aislados dentro de cada dirección institucional. El formato de módulo APU se puede apreciar en la Figura 1.

1.6. ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: Unidad

Detalle:.....

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	$C=A*B$	R	$D=C*R$
SUBTOTAL M					
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	$C=A*B$	R	$D=C*R$
SUBTOTAL N					
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo	
		A	B	$C=A*B$	
SUBTOTAL O					
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
		A	B	$C=A*B$	
SUBTOTAL P					
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			
		INDIRECTOS %			
		UTILIDAD %			
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			
		VALOR OFERTADO			

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA.

Figura 1 -Modelo de APU de uso obligatorio – SISTEMA NACIONAL DE CONTRATACIÓN PÚBLICA

En el Ecuador y en los países de la región latinoamericana, la elaboración de un presupuesto referencial a base de análisis de precios unitarios es el pilar fundamental en el diseño y ejecución de obras civiles y arquitectónicas, en los últimos años, algunos investigadores han contribuido con propuestas en el diseño y manejo de APU'S, además se han propuesto un control del buen uso de los recursos e insumos, exportando las actividades, unidades y cantidades de obra que se plasmaron en la propuesta económica, así como las duraciones de trabajo de las cuadrillas de mano de obra asignadas a cada actividad (Darquea Jijón, 2018) (Hernández Cortéz & Beltrán Cárdenas, 2018).

Una de las propuestas en la elaboración de costos se basa en una comparativa en el método APU versus el método del costeo ABC (siglas en inglés de «Activity Based Costing» o «Costeo Basado en Actividades»), en el primer método se basa en estimar costes directos e indirectos de mano de obra, materiales, equipo, transporte y la especificación técnica de un “rubro”, por otra parte, en el segundo método se controlan las actividades que conllevan la realización de dicho rubro.

El costeo ABC sigue el criterio de que los recursos generan actividades, que bien podrían ser compartidas entre rubros y se acoplan más a las necesidades personalizadas en las diferentes gestiones de proyectos, por ello, el mayor desafío en la utilización de este método es la identificación de las actividades con mayor valor agregado en las obras (Calero, 2015). De lo anteriormente expuesto, el sistema de costeo ABC se acoplaría muy bien dentro de la filosofía de trabajo del “Project Management”, el management se ha acuñado como el concepto que aglutina todas aquellas gestiones y actividades que optimizan los recursos de que se disponen de manera que se alcancen los objetivos y finalidades previamente definidos (García, 2005); este método de trabajo no se encuentra completamente difundido en el Ecuador, y ha hecho que el método APU sea el que se utilice de manera oficial, en el sector público y en el privado.

Además la Ley de Contratación Pública vigente en el Ecuador, determina como requisito necesario para el lanzamiento a concurso de una obra (sea menor cuantía, cotización o licitación) que el sistema de costes a emplear sea el de APU'S y su vez estos estén propensos a su reajuste, tal como lo indica el numeral 1.16 del documento en vigencia “MODELO DE PLIEGO DE LOS PROCEDIMIENTOS DE CONTRATACIÓN DE OBRAS” (MODELO DE PLIEGO DE LOS PROCEDIMIENTOS DE LICITACIÓN DE OBRAS Versión SERCOP 2.1 (09 de Junio de 2017) III., 2017) y en el 1.6 del documento “FORMULARIOS DE LICITACIÓN DE OBRAS” (CONDICIONES GENERALES PARA LA CONTRATACIÓN DE OBRAS SERCOP, 2017).

En el país se utilizan varios programas informáticos de carácter privativo diseñados para presupuestos y de planificación de proyectos, que cumplen con todas las necesidades requeridas de costes, programación económica, logística subcontratos, máquinas y equipos, personal, inventario, finanzas, contabilidad, etc., como ejemplos: S10, Construsoft, KyBcost, Waris, PCU Win, Opus, Arquimedes, ProExcel, InterPRO, Obras2018, etc. (Costos y Presupuestos Con S10 – AMV CONSULTORES, 2019)(PRESUPUESTOS – WarisSoft – Software Para La Construcción, 2022)(PCU Corporation. Estimating and Cost Control Software and Services, 2017)(OPUS - Software - Multion Consulting, 2022)(Arquímedes - CYPE, 2022). Todos estos programas utilizan modelos matemáticos para realizar funciones de control de costes de obras como: fórmulas polinómicas, los insumos, gastos generales, manejo de pedidos, personal y contratos, cálculo de APU, presupuestos y fórmulas de reajuste, los cuales tienen los costos asociados al uso de licencias y actualizaciones de bases de datos. Adicionalmente un condicionante es la compatibilidad con los

softwares utilizados en el entorno cercano que por lo general deben ser compatibles con los principales distribuidores de software como lo es Microsoft. (Benites Roxana, 2016).

En el Ecuador no existe un programa de código abierto que permita al usuario incorporar cambios o mejoras al sistema, y que sea una herramienta que permita generar análisis de precios unitarios, elaborar presupuestos, obtener la cuadrilla tipo y generar la fórmula de reajuste de precios. (Gavilanez, 2019).

En Chile existe un iniciativa técnica en la cual se implementó una plataforma virtual gratuita llamada ÁBACO-CHILE con el fin de mejorar la gestión digital, pública, escalable y de libre acceso, en base a un banco de costos e indicadores medioambientales orientado a hacer más eficiente el proceso de postulación, evaluación y seguimiento de proyectos de construcción pública que además de permitir un análisis netamente económico también permite un enfoque de construcción sustentable, la misma está concebida como una herramienta para predecir la fase de diseño de un proyecto de construcción incluyendo los costos económicos, ambientales y sociales. (Ver Figura 2). Esta iniciativa consiste en un motor de cálculo e incluye tres bases de datos que están asociadas a los ítems necesarios en un presupuesto de obra y las tres dimensiones evaluadas: la base de datos de costos de recursos y actividades, que se vincula con el cálculo de costo social y la base de datos ambientales de recursos y actividades. (ÁBACO-CHILE: Herramienta de Ecoeficiencia Para El Diseño y Ejecución de Proyectos de Construcción Sustentable – Construye2025, 2021)

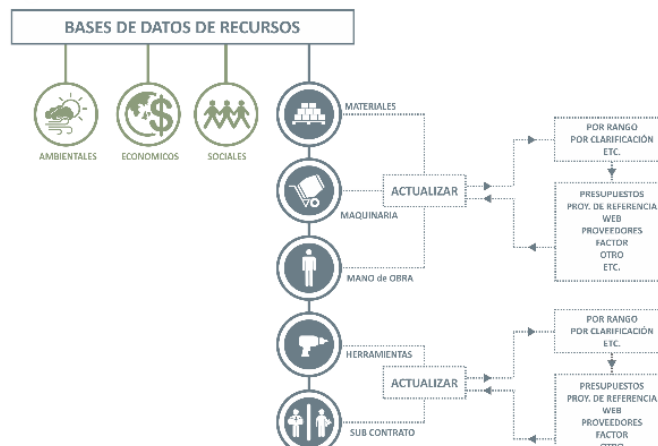


Figura 2. Modelo de uso de base de APU propuesto por ÁBACO-CHILE

A nivel de la ciudad de Cuenca, se utiliza software de venta al público para elaborar presupuestos, la institución pública y particularmente el GAD de Cuenca utiliza el programa InterPRO, se cuenta con bases de hasta 7500 APU'S repartidas por unidad gestora de proyectos y avalada por expertos en diseño y ejecución de obras, los costos de desarrollar un software institucional superan el coste de adquirir uno de venta al público, pues las actualizaciones y soporte técnico tienen costes grandes por parte de la empresa desarrolladora del programa, además que los contratistas utilizan este software por igual, pero el mismo no permite una interfaz que permita buscar oportunidades de optimización tales como comparativas de precios y costes por registros históricos, comprobación de unidades o un filtro de entrada errónea de datos, entonces la eficacia en el uso del software depende únicamente de la destreza y experiencia del usuario.

La herramienta matemática que permitirá la interconectividad y análisis de la información sería la aplicación de un algoritmo informático, este es un conjunto de instrucciones definidas, ordenadas y acotadas para resolver un problema, realizar un cálculo o desarrollar una tarea. Es decir, un algoritmo es un procedimiento paso a paso para conseguir un fin. A partir de un estado e información iniciales, se siguen una serie de pasos ordenados para llegar a la solución de una situación. (Qué Es Un Algoritmo Informático: Características, Tipos y Ejemplos, 2021).

En el campo de la ingeniería civil, actualmente el utilizar un modelo predictivo para estimar costos es un desafío, debido a la gran cantidad de variables que involucran las diferentes fases de un

proyecto de obra y que generan diferentes tipos de resultados que inciden en mayor o menor grado en el análisis del modelo a predecir (Juszczuk, 2017) (Becerik-Gerber et al., 2014). Es importante descubrir qué tipo de información inicial se dispone antes de elegir un modelo predictivo, para esto es necesario identificar de manera clara el entorno, los procesos que se llevan a cabo y el software en que los datos funcionan o se generan (Kropp et al., 2021).

Las formas de generar y recopilar los datos en la construcción ha mejorado en la actualidad, pero no todos los datos pueden ser utilizados y esto se debe principalmente a los siguientes factores: 1) insuficiente tiempo disponible para que los técnicos en construcción analicen datos; 2) el proceso de análisis de datos no siempre es simple; y 3) la ausencia de mecanismos automatizados claramente definidos para extraer, preprocesar y analizar datos y resumir resultados para los profesionales de la construcción. (Ghazal & Hammad, 2022).

En construcción de obras, la data se encuentra en texto y valores numéricos, el primero describe una actividad, un recurso, un material, un código de clasificación, etc., mientras que el segundo puede representar costos, año, porcentajes u otro código de clasificación, por tanto, es importante ordenarlos de manera que sea fácil y rápido el poder utilizarlos de manera provechosa para el analista (Williams & Gong, 2014); para el caso de estimación de costos, utilizar de manera inteligente la información depende de la técnica que se vaya a emplear, el propósito de la estimación obtenida y la validación de la técnica empleada (Elfaki et al., 2014).

Por ello es importante tener en cuenta las diferentes aproximaciones teóricas y conceptuales que se han investigado en lo concerniente a la estimación de costos de la construcción, puesto que cada modelo propuesto depende de la información de entrada y el proceso con el que se analizarán, los más sencillos parten de un modelo de regresión lineal y regresiones no lineales; otros van más adelante y emplean modelos multi pasos, regresiones múltiples, uso de vectores y redes neurales de información (Dursun & Stoy, 2016; Isidore & Back, 2002; Lowe et al., 2006; Petrusseva et al., 2017; Sonmez, 2004); además, otros enfoques de modelos toman en cuenta los modelos de construcción públicos y la incidencia de factores y variables de índole socio económicos como la situación del mercado, inflación y uso de índices bursátiles (Hyari et al., 2016; Rafiei & Adeli, 2018).

La aplicación de modelos de regresión lineales en la estimación o predicción de costos en la elaboración de los presupuestos referenciales se han enfocado en obras relativamente pequeñas

como lo son casas, escuelas y carreteras (Kadri & Dewi Hudayani Sugara Sekolah Tinggi Teknologi Nusa Putra Sukabumi, 2017; G.-H. Kim et al., 2013; Mahpour, 2020); obras de gran envergadura como lo son planes de dragado de mares, movimientos de tierras en acondicionamiento de montañas, represas, plantas de tratamiento de aguas servidas o el análisis de costos de los proyectos de construcción enfocados en un entorno específico como lo es un país por completo. (Muhammad et al., 2015; Okere, 2017; Williams & Asce, 2003).

La investigación del presente artículo propone la búsqueda de oportunidades de una base de precios unitarios partiendo de una recopilación, análisis y actualización de los datos obtenidos de los diferentes análisis de precios unitarios del GAD del cantón Cuenca en un solo módulo de base central depurado, en el cual mediante el uso del ajuste de modelos lineales y la estimación de sus pendientes significativas servirán para la búsqueda de oportunidades actuando como un sistema predictivo en el cuál la obtención de pendientes con valores cero significan falta de actualización, pendientes positivas aumento en el costo y pendientes negativas como oportunidades de análisis de optimización, esto mediante el uso de un algoritmo que podrá ser replicado y se pondrán a disposición de los usuarios de la base mediante el software de venta público llamado INTERPRO el cual cuenta con un módulo centralizado de Base Maestra (IS SOLUCIONES, 2021).

Metodología

El nivel escogido de investigación fue de tipo cuantitativa descriptiva, partiendo de la obtención, clasificación y estudio de las bases de datos que contienen los APU'S que se encuentran conformados por los materiales, mano de obra seleccionada, equipos necesarios y transporte para la ejecución de un rubro, en síntesis, se analizaron las características de los diferentes análisis para luego ordenarlos y aplicar el algoritmo de búsqueda de optimización.

Después de haber obtenido el permiso del GAD de Cuenca para poder utilizar la información correspondiente para esta investigación se utilizó una metodología de trabajo a nivel macro en la que primero se obtienen las bases de precios unitarios individuales, luego estas son unificadas en una base central y se manejan por nivel de usuario, luego se analizan los datos obtenidos, véase Figura 3.

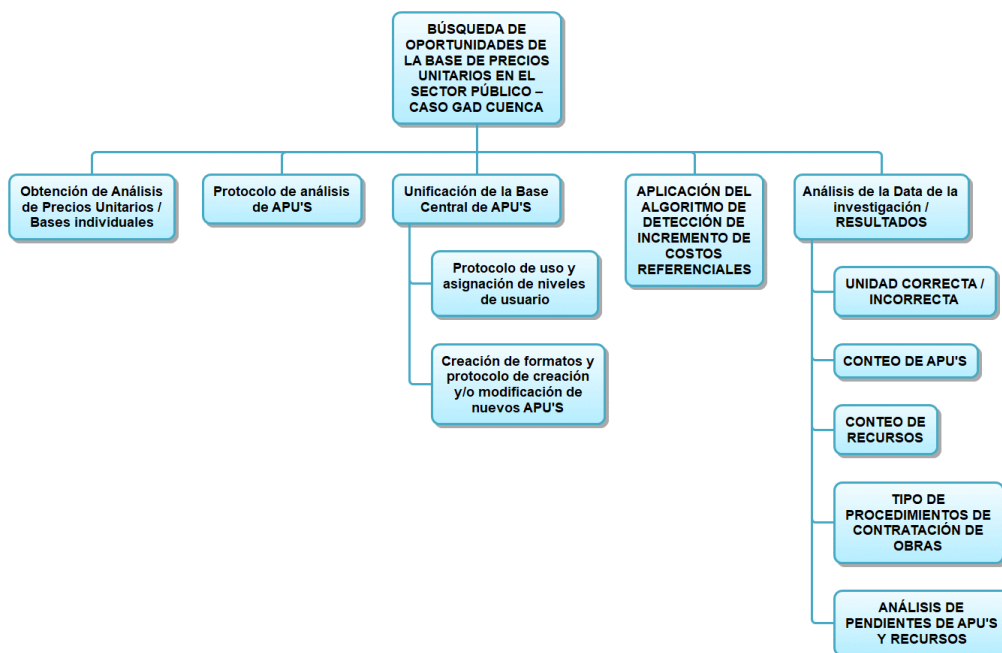


Figura 3. Metodología propuesta a nivel macro – Realizada por el autor

Para la obtención de los APU'S y las bases individuales (ver Figura 4), es importante identificar a las áreas gestoras de proyectos dentro del GAD de Cuenca, el primer subsistema para obtener análisis empieza con la revisión de los PAC'S (plan anual de contratación) de los últimos 5 años en el portal de compras públicas (en su versión de libre acceso), después emitir una comunicación institucional solicitando las bases de precios unitarios y un delegado que permita la comunicación institucional, así como de consulta de información, la identificación de proyectos pueden clasificarse por transporte y movilidad, vías urbanas, parques y otros..

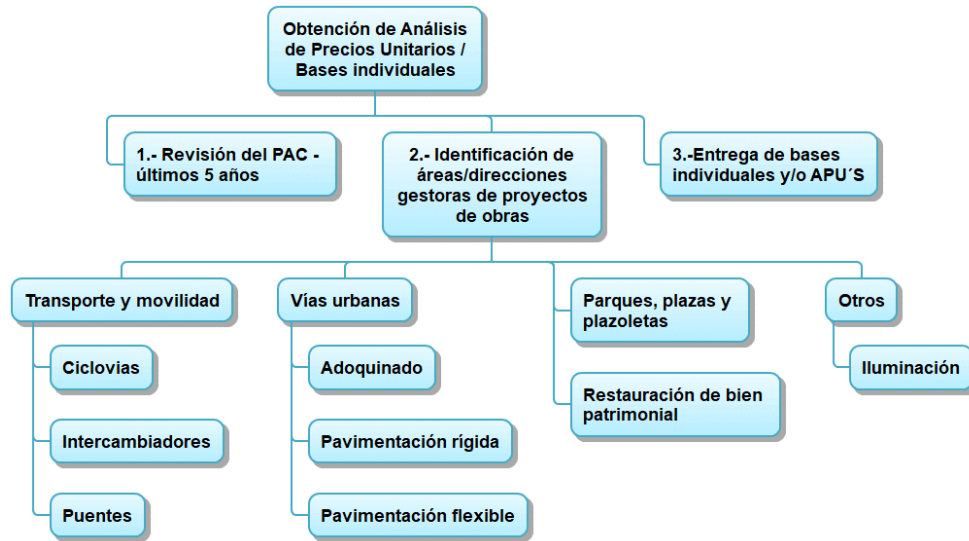


Figura 4. Obtención de APU'S / Bases individuales- Realizada por el autor

El subsistema de Protocolo de APU'S que utiliza el personal de la institución luego de obtener las bases individuales y los análisis de precios unitarios de cada gestora de proyectos se procede a analizar la data con la finalidad de estudiar su viabilidad técnica, este proceso se lo llevó a cabo mediante el protocolo de trabajo que comienza con la eliminación de rubros repetidos, revisión de materiales, actualización de mano de obra y salarios, rendimientos, especificaciones técnicas y catalogación de función según origen, véase Figura 5.

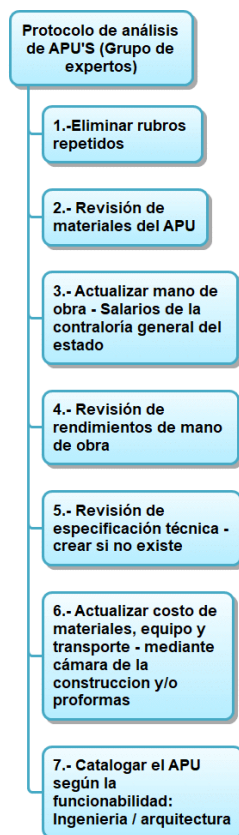


Figura 5. Subsistema - Protocolo de

APU'S – Realizada por el autor

Después de haber analizado, actualizado y catalogado los análisis, se procede al tercer subsistema de unificación de base central de APU'S, para lo cual fue necesario contar con el soporte de un servidor institucional, luego se realizó un análisis de frecuencias en las categorías por funcionalidad o rubro de trabajo específico, se purgó la Base Central y se procedió al análisis estadístico de los recursos disponibles, unidades de medida de análisis erróneos y después se escoge los recursos más repetidos y con mayor incidencia económica con el fin de encontrar los recursos con mayor frecuencia y por ende con posibilidades de optimización de los mismos, esto se refiere a que al tener un histórico de los mismos se puede analizar si hay una variación significativa en los costes de un año a otro.

Para la interconectividad entre los usuarios y la base central para la aplicación de los subsistemas se instauró que se trabaje y retroalimente la base mediante el uso de formatos (tanto de APU'S y especificaciones técnicas, como se aprecia en la Figura 3 al final del subsistema 2) (GAD DE CUENCA & Unidad de contratación de obras, 2020), además se catalogaron los usuarios de

acuerdo al nivel de uso, siendo el más básico solo un nivel de acceso sin modificación, y el segundo nivel con todos los permisos de modificación y uso.

METODOLOGÍA DE APLICACIÓN DEL ALGORITMO DE DETECCIÓN DEL INCREMENTO/DECREMENTO DE COSTOS REFERENCIALES EN APU'S Y RECURSOS

Para el subsistema de aplicación del algoritmo de detección de la variación de costos se parte de los anteriores subsistemas en donde se obtiene la data y se procede a su ordenamiento, luego se pudo manejar la información con el fin de buscar oportunidades de optimización mediante el uso de ajuste de modelos lineales, el cálculo de la pendiente de la ecuación lineal y el cálculo del valor de R^2 que es el coeficiente de ajuste de modelo de regresión.

Este procedimiento se lo puede apreciar en la *Figura 6*.

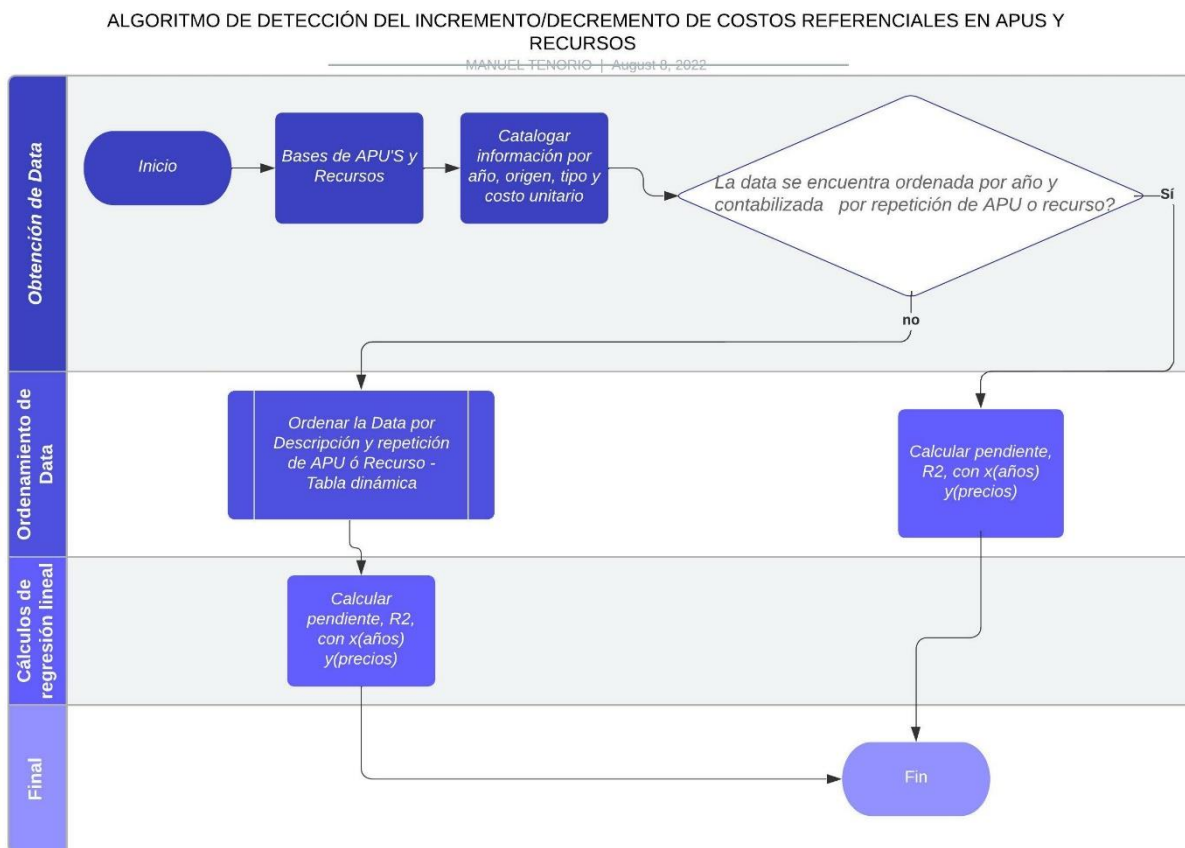


Figura 6. Algoritmo de detección del incremento/decremento de costos – Realizada por el autor

Este algoritmo fue implementado mediante el software de Microsoft Excel, la data se ordenó por año, origen (*dirección o generadora de proyectos dentro de la institución pública*), tipo y costo unitario en tablas de cálculo; como es necesario agrupar la data se utilizó una tabla dinámica, en la columna se coloca la descripción y en valores se coloca la cuenta o repetición del APU o del recurso, además se verifica si la unidad utilizada es correcta utilizando un filtrado con los valores oficiales del SERCOP (Servicio Nacional de Contratación Pública, 2022) (ver *Figura 7*, se importa esta información mediante la función BUSCAR.V, se aplica un filtro y se ordena la data para proceder al cálculo de las pendientes de la regresión lineal y el valor de R^2 , véase *Figura 8*).

Año	Origen	Descripción	Unidad	P.Unitario	Cuenta de P.Unitario	Unidad Correcta 1 correcto - 0 incorrecto
2020	UE	Base Clase II conformación y compactación con equipo pesado	m3	34.79	7	1
2020	PL	Base Clase II conformación y compactación con equipo pesado	m3	28.92	7	1
2020	OP	Base Clase II conformación y compactación con equipo pesado	m3	36.9	7	1
2019	MV	Base Clase II conformación y compactación con equipo pesado	m3	28.92	7	1
2020	FB	Base Clase II conformación y compactación con equipo pesado	m3	28.92	7	1
2020	AH	Base Clase II conformación y compactación con equipo pesado	m3	34.36	7	1
2022	BC	Base Clase II conformación y compactación con equipo pesado	m3	36.98	7	1
2020	UE	Cargado de material con cargadora	m3	1.25	7	1
2020	PL	Cargado de material con cargadora	m3	1.36	7	1
2020	OP	Cargado de material con cargadora	m3	1.54	7	1
2019	MV	Cargado de material con cargadora	m3	1.33	7	1
2020	FB	Cargado de material con cargadora	m3	1.34	7	1
2020	AH	Cargado de material con cargadora	m3	1.72	7	1
2022	BC	Cargado de material con cargadora	m3	2.03	7	1
2020	UE	Cargado de material con minicargadora	m3	1.37	7	1
2020	PL	Cargado de material con minicargadora	m3	1.75	7	1
2020	OP	Cargado de material con minicargadora	m3	1.48	7	1
2019	MV	Cargado de material con minicargadora	m3	1.21	7	1
2020	FB	Cargado de material con minicargadora	m3	1.75	7	1
2020	AH	Cargado de material con minicargadora	m3	1.58	7	1
2022	BC	Cargado de material con minicargadora	m3	1.96	7	1

Figura 7. Ordenamiento de la data – Realizada por el autor

Figura 8. Filtrado de la data, cálculo de pendientes y R2 – Realizada por el autor

Descripción	Unidad	P.Unitario	Cuenta de P.Unitario	Unidad Correcta 1 correcto - 0 incorrec	m	const	r2
Base Clase II conformación y compactación con equipo pesado	m3	34.79	7	1	2.51441176	-5046.64382	0.3577615
Base Clase II conformación y compactación con equipo pesado	m3	28.92	7	1	0	0	0
Base Clase II conformación y compactación con equipo pesado	m3	36.9	7	1	0	0	0
Base Clase II conformación y compactación con equipo pesado	m3	28.92	7	1	0	0	0
Base Clase II conformación y compactación con equipo pesado	m3	28.92	7	1	0	0	0
Base Clase II conformación y compactación con equipo pesado	m3	34.36	7	1	0	0	0
Base Clase II conformación y compactación con equipo pesado	m3	36.98	7	1	0	0	0
Cargado de material con cargadora	m3	1.25	7	1	0.25117647	-505.902353	0.6564595
Cargado de material con cargadora	m3	1.36	7	1	0	0	0
Cargado de material con cargadora	m3	1.54	7	1	0	0	0
Cargado de material con cargadora	m3	1.33	7	1	0	0	0
Cargado de material con cargadora	m3	1.34	7	1	0	0	0
Cargado de material con cargadora	m3	1.72	7	1	0	0	0
Cargado de material con cargadora	m3	2.03	7	1	0	0	0
Cargado de material con minicargadora	m3	1.37	7	1	0.23147059	-466.017941	0.66223409
Cargado de material con minicargadora	m3	1.75	7	1	0	0	0
Cargado de material con minicargadora	m3	1.48	7	1	0	0	0
Cargado de material con minicargadora	m3	1.21	7	1	0	0	0
Cargado de material con minicargadora	m3	1.75	7	1	0	0	0
Cargado de material con minicargadora	m3	1.58	7	1	0	0	0
Cargado de material con minicargadora	m3	1.96	7	1	0	0	0

Con el fin de realizar un ordenamiento más eficaz de la data, se empleó una codificación específica del origen de los APU’S de acuerdo a la dirección gestora de proyectos a la cual pertenecen, además se categorizaron los recursos de acuerdo a la metodología de análisis de precio unitario, es decir, equipo y herramientas, mano de obra, materiales y transporte, esta codificación se la puede apreciar en la Tabla 1.

Tabla 1. Codificación de unidad gestora de proyectos / recursos. FUENTE GAD CUENCA – Realizada por el autor

Código de Origen – APU’S		Código de Recurso	
Unidad Ejecutora	UE	Equipo y Herramientas	EH
Áreas Históricas	AH	Mano de Obra	MO
Base Central	BC	Materiales	MT
Fundación El Barranco	FB	Transporte	TR
Movilidad	MV		
Obras Públicas	OP		
Planificación	PL		

Análisis de la data de la investigación

Luego de obtener la data de APU'S y Recursos, clasificarla, codificarla, ordenarla y aplicar el algoritmo de detección de incremento/decremento de costes se debe manejar en tablas que contengan el número, frecuencia y porcentaje de los datos, además se deben colocar los gráficos del análisis de los montos de contratación por tipo y año (obtenidos de la revisión del PAC del GAD de la institución), luego, con la obtención de los modelos lineales se los debe comparar con los modelos propuestos con la *Figura 9* con el fin de clasificarlos y proceder a su análisis.

El sistema de regresión lineal que se aplicará a la data ordenada corresponde al valor de un APU o un Recurso a través del registro histórico del mismo, la ecuación que corresponde al mismo es la siguiente (UNIVERSIDAD DE JAÉN, 2005):

$$Y = \beta_1 X + \varepsilon$$

Donde

Y: es el valor de costo / variable independiente

β_1 : es el valor calculado de la pendiente de la recta

X: es el año de análisis al cual se quiere predecir su costo / variable dependiente

ε : perturbación o error aleatorio, que provoca que la dependencia entre las variables dependiente e independiente no sea perfecta, sino que esté sujeta a incertidumbre

Tipos de pendiente / Análisis del modelo de regresión lineal

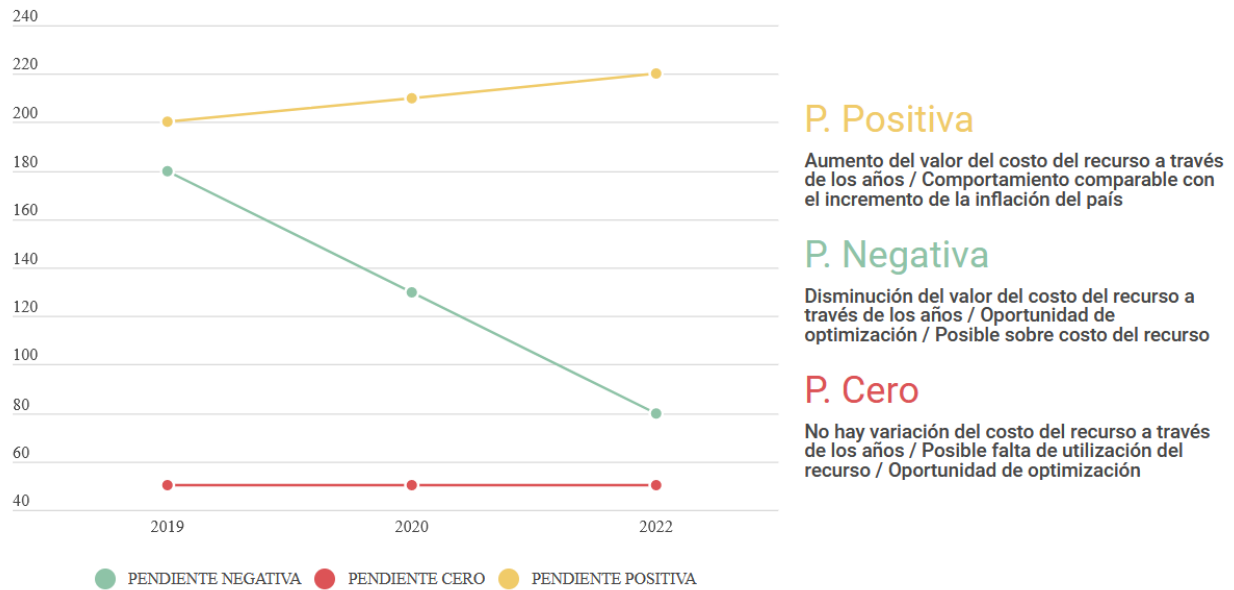


Figura 9. Tipos de pendientes y análisis del modelo de regresión lineal aplicado a los APU'S y Recursos – Realizada por el autor

Además, se debe analizar los coeficientes de determinación, el coeficiente de correlación lineal puede interpretarse como una medida de la bondad del ajuste del modelo lineal, concretamente, un valor del coeficiente igual a 1 o -1 indica dependencia lineal exacta, en cuyo caso el ajuste es perfecto. No obstante, para cuantificar la bondad del ajuste de un modelo, lineal o no, se utiliza una medida que se denomina coeficiente de determinación lineal R^2 , que es la proporción de variabilidad de la variable Y que queda explicada por el modelo de entre toda la presente, y cuya expresión es (UNIVERSIDAD DE JAÉN, 2005):

a)

$$b) R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

c)

que en modelo de regresión lineal coincide con el cuadrado del coeficiente de correlación lineal:

d)

e) $R^2 = r^2$

El coeficiente de determinación toma valores entre 0 y 1, y cuanto más se aproxime a 1 mejor será el ajuste y por lo tanto mayor la fiabilidad de las predicciones que con él realicemos. Nótese que si el coeficiente de correlación lineal r es igual a 1 o -1 entonces $R^2 = 1$ y por lo tanto el ajuste lineal es perfecto.

Población y muestra

Para el cálculo de las variables cuantitativas se empleó las bases de APU'S individuales de cada unidad gestora de proyectos con su respectivo reporte de base de datos, el universo de estudio fue completo y consta de un total de 17,814 APU'S y un total de 17,783 Recursos, pues no se puede operativizar la investigación sin tomar en cuenta a cada uno de ellos.

Resultados

Después de haber aplicado la metodología correspondiente al manejo de la información de la data, se obtuvieron un total de 17814 APU'S clasificados por origen y por porcentajes, tal como se observa en la *Tabla 2*.

Tabla 2. Contabilización de número de APU'S categorizados por origen – Realizada por el autor

Conteo APU'S			
	Origen	No. APU'S	%
N	AH	3510	19.70%
	BC	6512	36.56%
	FB	1357	7.62%
	MV	2927	16.43%
	OP	40	0.22%
	PL	2971	16.68%
	UE	497	2.79%

Al clasificar por origen de departamento gestor de proyectos los APU'S, la mayor base antes de formar la “*Base Central*” es la correspondiente a “*Áreas Históricas*” con un total de 3510 APU'S que corresponde a un 19.70%, la base más pequeña es la de “*Obras públicas*” con 40 APU'S que

corresponde a un 0.22% y le sigue “*Unidad ejecutora*” con 497 APU’S que corresponde a un 2.79%, lo interesante es que la primera maneja rubros arquitectónicos y de restauración de bienes patrimoniales y las última solo rubros de índole vial, esto corresponde a la realidad de la construcción en el GAD de Cuenca, se necesitan muchos más rubros de trabajo en el ámbito arquitectónico que en el desarrollo de obras netamente civiles como lo son la construcción de vías y de mantenimiento de adoquinados y veredas.

De la depuración de los 17814 APU’S, se analizaron las unidades utilizadas de los mismos, hallándose unidades que no corresponden a un modelo actualizado como “*pto*” o “*punto*” eléctrico o sanitario, uso de toneladas para movimientos de tierra y unidades de tipo “*global*”, lo cual demuestra el uso de rubros desactualizados con errores de sintaxis, puesto que son indicativos de que no se ha desarrollado un análisis exhaustivo de los ítems requeridos en construcción y se emplean artificios de tipo “*global / punto*” para no enlistar todos los componentes de un rubro. Como se observa en la *Figura 10* el número de APU’S con unidades incorrectas es todavía elevado aun cuando se ha realizado el filtrado o depuración de la base de datos dentro de “*Base Central - BC*” lo cual podría utilizarse para una posible re categorización de los mismos.

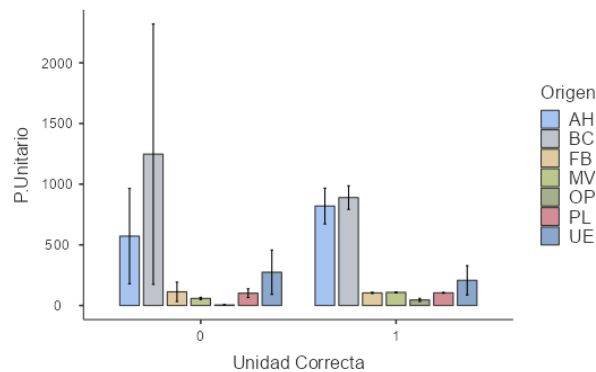


Figura 10. Unidad correcta 1, unidad incorrecta 0 – Realizada por el autor

A continuación en la *Tabla 3* se analizan los costos directos de los recursos encontrados dentro de las bases de APU’S, se observa que en el recurso *Transporte* cuenta con 115 valores que corresponde a un 0.65%, lo cual es un indicativo que realmente no hay un análisis exhaustivo del impacto de automotores y su impacto en obras, mientras que el recurso *Materiales* hay valores extremos con un total de 16340 recursos que equivalen al 91.89% del total, esto es interesante

puesto que no deberían existir materiales aislados de valores muy grandes, puesto que la Ley de Contratación Pública Ecuatoriana contempla la utilización de rubros para obras y no rubros de obra para adquisición de bienes por este modelo de contratación pública. Además, se observa que la cantidad de recursos de la categoría *Materiales* es la de mayor cantidad de ítems, mientras que el resto de categorías son muy inferiores, esto se podría deber a la gran cantidad de proveedores de materiales tanto de origen nacional como extranjero, lo cual conlleva una dificultad de normalización con respecto a homologación de especificaciones técnicas, normas de construcción y precios.

Tabla 3. Conteo de recursos, máximo valor de costo directo y porcentaje de incidencia de recursos – Realizada por el autor

Conteo de Recursos

	Tipo de recurso	No. Recursos	%
N	TR	115	0.65%
	EH	900	5.06%
	MO	428	2.41%
	MT	16340	91.89%

Al revisar el PAC del GAD de Cuenca desde el año 2019 hasta el 2021 se obtuvo el análisis de las obras y montos adjudicados realizados en el período de estudio, obtenemos los resultados que se muestran en la *Figura 11* y realizando la comparación con la *Figura 12*, se observa que en el año 2019 se utilizaron APU'S de *Movilidad* en procedimientos de menor cuantías de obras, mientras que, después de obtener la *Base Central* los procedimientos fueron orientados netamente a procedimientos de licitación y cotización de obras, dejando de lado otros procesos.

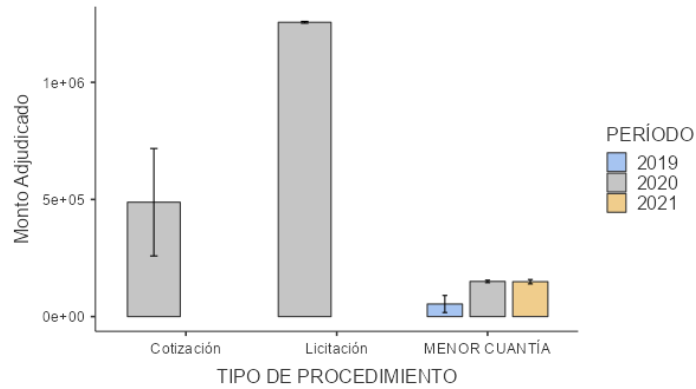


Figura 11. Tipo de procedimientos de contratación de obras del GAD de Cuenca categorizada por años – Realizada por el autor

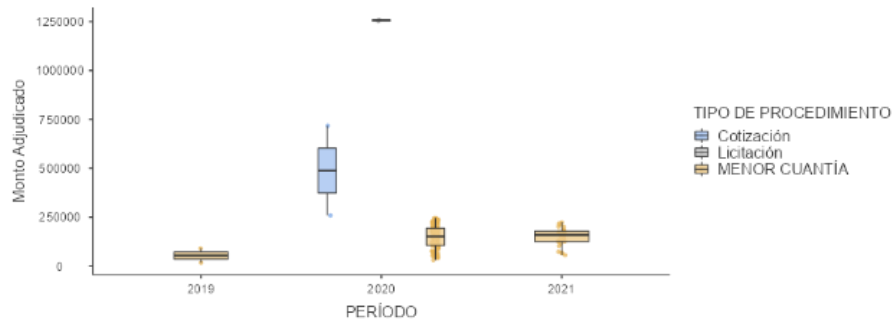


Figura 12. Tipo de procedimientos de contratación de obras del GAD de Cuenca categorizada por tipo de contratación de obra – Realizada por el autor

Al aplicar el algoritmo de búsqueda de oportunidades ordenando la data, se obtuvieron 5737 casos de estudio en APU'S y 991 en Recursos, como se puede observar en las *Tablas 4 y 5*, en el caso de las pendientes de los APUS, se observan que las oportunidades de optimización se darían en las que tienen pendientes negativas y cero sumando las dos aproximadamente un 16% del total de los APUS, en los Recursos ocurre lo contrario, la suma de los recursos que se deben optimizar suman casi el 60% del total de recursos, esto puede tomarse como un índice de optimización de las bases de datos.

Tabla 4. Pendientes de modelos de regresión lineal de APUS categorizadas por tipo y porcentaje
– Realizada por el autor

Pendientes APUS		
Tipo de pendiente	N	%
Pendientes negativas	822	14.33%
Pendientes cero	108	1.88%
Pendientes positivas	4807	83.79%

De la *Tabla 4* se observa que hay 822 APU'S que, aplicando el modelo de regresión lineal presentan rectas con pendientes negativas y que representan un 14.33% del total de análisis que resultan en 822 oportunidades de optimizar la base de datos puesto que habría que analizar el decremento en el valor de los costos con respecto a años anteriores, además hay 108 modelos de regresión lineal con pendientes cero que representan un 1.88% del total en donde no hay variación de costes a través de los años lo cual podría deberse a la falta de uso del APU en proyectos de construcción, el restante 83.79% de los modelos de regresión lineal presentan pendientes positivas lo cual es indicativo que los APU'S han sido actualizados con los valores de incremento de valor de sus costes a través de los años.

Tabla 5. Pendientes de modelos de regresión lineal de Recursos categorizadas por tipo y porcentaje – Realizada por el autor

Pendientes Recursos		
Tipo de pendiente	N	%
Pendientes negativas	425	42.89%

Pendientes cero	172	17.36%
-----------------	-----	--------

Pendientes positivas	394	39.76%
----------------------	-----	--------

De la *Tabla 5* que corresponden los modelos de regresión lineal de los Recursos se observa que los que presentan pendientes negativas son 425 que corresponde a un 42.89% y las que presentan pendientes positivas son 394 que corresponde a un 39.76%, del grupo de pendientes negativas tendríamos 425 oportunidades de optimización debido a que hay un decremento de los valores de costos en estos recursos además de 172 modelos de regresión lineales que corresponden al 17.36% con pendientes cero que también son oportunidades optimización o una muestra de desuso del recurso analizado.

En el caso de APU'S los valores más extremos de crecimiento y decremento de las pendientes ocurren en los rubros eléctricos (véase ejemplo del APU *Red subterránea MT* en la *Figura 13*). Como oportunidades de optimización de la base de APU'S se consideraron aquellos rubros que tienen una pendiente negativa y que tengan un coeficiente R^2 superior al 35% de fiabilidad, el autor opto por no considerar valores inferiores puesto que no son valores fiables para proceder a una optimización, considerando a estos valores menores como rubros o recursos no aptos para ser utilizados como se puede observar en la *Tabla 6*.

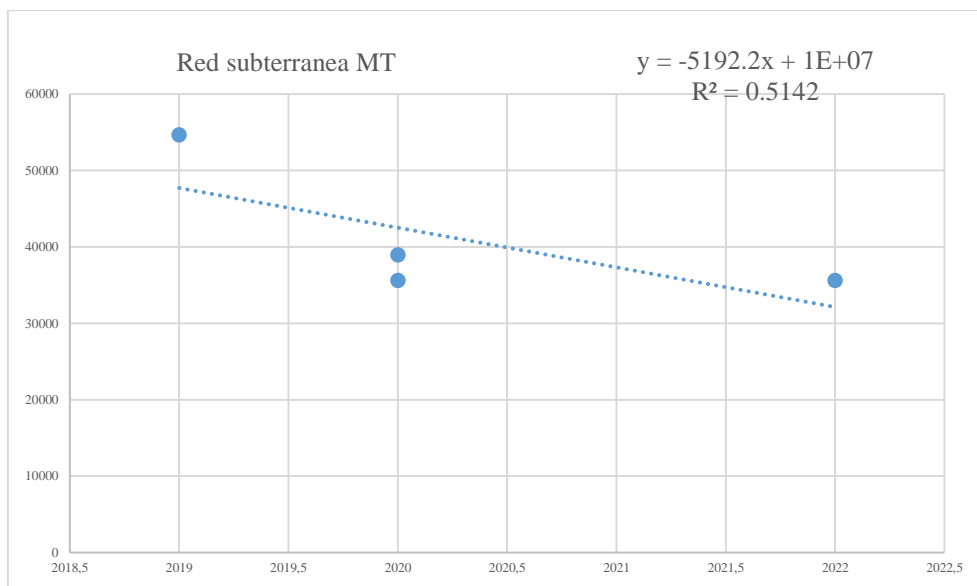


Figura 13. Regresión lineal de los datos del APU “Red subterránea MT” con una pendiente negativa y un coeficiente R2 de 51% – Realizada por el autor

Tabla 6. Regresión lineal de APU’S con pendientes negativas y coeficientes R2 superiores al 35% – Realizada por el autor

m -pendiente	constante	R ²	Nombre de APU
-1.84	3732.17	81.14%	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE DE COBRE TIPO ELAL-JF DE 20 PARES
-0.60	1788.44	73.56%	Reflector cuadrado. VAC 110 - 220. 30 W. 15 grados de haz de luz. IP65. Led power Cree chip. color de luz warm white
-0.73	1489.99	70.69%	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE DE COBRE TIPO ELAL-JF DE 100 PARES
-2.12	4293.83	62.48%	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE DE COBRE TIPO ELAL-JF DE 10 PARES
-3.53	7441.83	60.48%	Control de iluminación para Parque

-0.28	568.51	58.46%	Suministro e inst. Interruptor triple. similar a Ticino NUVA
-0.58	1235.96	50.42%	Rellenos de fisuras en unión de muros
-54.40	110034.19	50.36%	Botiquín de primeros auxilios
-2.62	5298.73	50.09%	SUMINISTRO Y TENDIDO DE POLITUBO 2"
-1.24	2521.18	49.75%	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE DE FIBRA ÓPTICA G652D 48 HILOS
-5192.19	10534139.34	48.79%	Red subterránea MT
-0.51	1053.02	47.13%	Instalación de tomacorriente doble polarizado sobrepuesto tipo intemperie
-5.19	10493.91	46.92%	Suministro e instalación de trampilla de 4"
-1.60	3258.27	46.64%	Sumideros terrazas
-268.83	544758.32	46.07%	Switch administrable 10/100/1000. 24 puertos RJ45. incluye puertos de fibra. similar a CISCO. modelo WS-C2960S-24TS-S
-0.31	640.80	45.79%	Instalación de conmutador doble compacto
-177.41	358650.01	45.73%	Luminaria Na cerrada 250 W con fotocélula (ic) DNP
-1.61	3261.69	45.53%	Tendido de conductor Cu TTU 2/0 AWG
-0.46	928.99	45.05%	Suministro y Tendido de conductor de cobre desnudo #2 AWG
-2.36	4771.13	44.04%	Incorporación de viga de 14x16cm. con provisión de madera
-2.92	5901.37	43.10%	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE DE COBRE TIPO ELAL-JF DE 50 PARES
-0.35	714.19	42.67%	Suministro e instalación de sifón de PVC de 4"
-0.27	543.52	41.29%	Retiro de urinario
-41.23	83421.53	40.66%	Rejilla para sumidero continuo
-0.19	397.01	40.15%	Tubo estructural circular de 2.5"x3mm. suministro y colocación
-0.90	1854.92	39.74%	Mampostería de ladrillo ancho 28 cm con mortero 1:3

-99.61	201484.02	39.00%	Luminaria Na cerrada 150 W sin fotocélula (ic) DNP
-0.25	521.46	38.85%	Tubo estructural circular de 3"x3mm. suministro y colocación
-7.02	14229.26	38.55%	Rellenos compactados con plancha
-0.24	489.34	38.38%	Unión universal PVC roscable d= 1/2" (p/presión)
-83.77	169340.04	38.36%	Riego de vía con tanqueros
-6.48	13125.15	37.87%	Punto de agua termofusión. d=20 mm
-3.53	7443.42	37.75%	Control de iluminación para Parque el Edén
-0.46	939.17	36.78%	Cargado. transporte. descargado y acomodo manual de adoquín
-0.11	231.74	36.26%	Rastreras de porcelanato h=10cm. incluye emporado
-5.66	12145.46	36.11%	Control de iluminación temporizado 30A. 1 circuito. empotrado
-1.68	3421.38	35.74%	Suministro y Colocación de ladrillo artesanal de 30x30x3. incluye protección
-6.49	13179.72	35.18%	Riego bituminoso de adherencia

De los 991 recursos se escogieron 35, que presentaron al momento de realizar la regresión lineal pendientes negativas (decremento en costos) con coeficientes R^2 superiores al 90% de fiabilidad como se puede observar en la *Tabla 7* y como ejemplo de análisis se tomó el recurso “*Tapa de Hormigón Armado, platina perimetral y cerco para vereda para Pozos de 60x60cm*” (ver *Figura 14*).

Tabla 7. Regresión lineal de Recursos con pendientes negativas y coeficientes R^2 superiores al 90% – Realizada por el autor

m	constante	R2	Nombre de Recurso
-30.15	61008.00	100.00%	Tapa de Hormigón Armado, platina perimetral y cerco para

			vereda para Pozos de 60x60cm
-28.51	57778.69	100.00%	Luminaria cerrada NA 250 DNP
-24.33	49530.00	100.00%	Poste de fibra de vidrio h=7.5m
-15.35	31039.20	100.00%	Encofrado metálico para pozos
-11.39	23023.80	100.00%	Llave de corte D=1"
-9.47	19152.91	100.00%	Compresor y soplete
-9.43	19066.07	100.00%	Escalera en V, h=2.50 m
-8.20	16590.73	100.00%	Equipo de carpintería
-5.15	10427.85	100.00%	Brazo galvanizado para luminaria
-4.22	8552.18	100.00%	Centro de carga 1F 08 polos
-2.83	5710.87	100.00%	Soldadora
-2.75	5570.50	100.00%	Retroproyector moderno
-1.36	2747.27	100.00%	Cortadora de piso
			Abrazadera U de varilla
-0.70	1416.78	100.00%	diámetro 16 mm Tuercas y aran.
			Tecele para tensar, 1 1/2
-0.60	1214.50	100.00%	toneladas
-0.50	1011.10	100.00%	Moldes para concreto
			Breaker 1F 10-50 A, enchufable
-0.50	1014.39	100.00%	
-0.33	678.63	100.00%	Equipo de oxicorte
			Conductor XLPE 1/0
-0.30	618.68	100.00%	AWG para 25KV

-0.27	568.40	100.00%	Cuña radial
-0.17	346.64	94.36%	Mecánico Especializado Metalmecánica
-0.14	283.06	100.00%	Cajetín rectangular profundo
-0.13	263.10	100.00%	Impuesto escombrera
-0.09	192.97	100.00%	Polifusor (termofusión)
-0.08	178.81	100.00%	Escoba Autopropulsada/Mecánica
-0.06	143.74	100.00%	Aditivo adhesivo acrílico para mejorar adherencia en morteros y hormigones base acrílica siliconada de
-0.03	94.60	100.00%	alta resistencia a rayos UV en intemperie
-0.02	40.00	99.27%	Oxicorte
-0.02	53.86	100.00%	Varilla de hierro corrugada 14 mm x 12 m
-0.01	28.85	100.00%	Alambre galvanizado #16
-0.01	36.31	100.00%	Camioneta 4x4
-0.01	19.56	100.00%	Accesorios polipropileno 20 mm
-0.01	26.77	99.52%	Tool 1/32" (1.2x2.40) doblado rectangular
-0.01	18.84	100.00%	DESINCRUSTANTE ACIDO MURIATICO (LAVADOR 50)
-0.01	10.35	100.00%	Sierra Circular

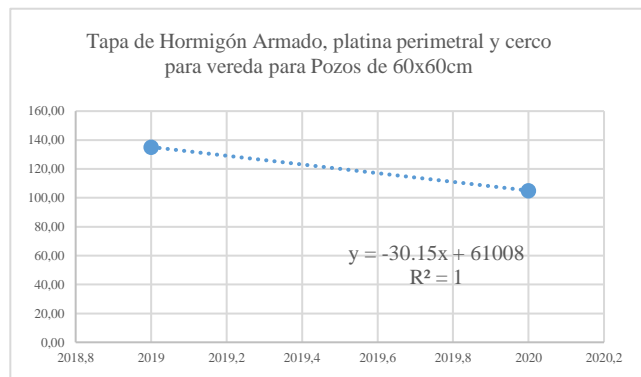


Figura 14. Regresión lineal de los datos del Recurso “Tapa de Hormigón Armado, platina perimetral y cerco para vereda para Pozos de 60x60cm” con una pendiente negativa y un coeficiente R2 del 100% – Realizada por el autor

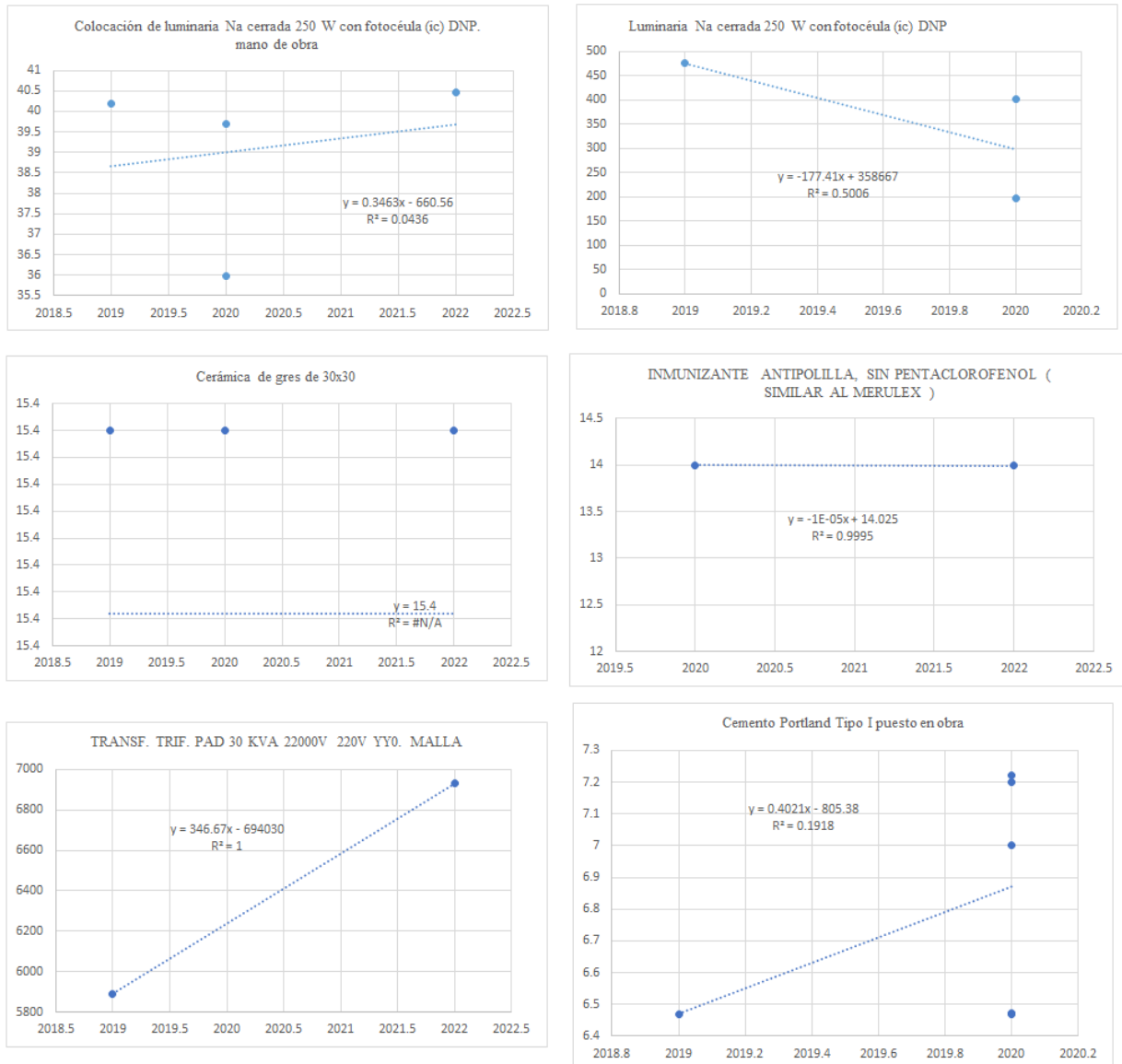


Figura 15. Modelos de regresiones lineales de APU'S y Recursos como ejemplos de análisis – Realizada por el autor

De la *Figura 15*, se observan algunos modelos de regresión lineal como ejemplos de análisis, en lo que corresponden a las dos primeras gráficas, corresponden a la colocación de luminaria de sodio y el rubro de la luminaria sola, el primer modelo tiene una pendiente positiva y corresponde al incremento normal del alza de los salarios de mano de obra que ocurre cada año, mientras que la segunda gráfica tiene una pendiente negativa del recurso de la luminaria, lo cual tendría que analizarse si corresponde a una verdadera baja en el mercado correspondiente a los rubros de

iluminación debido a nuevos recursos de origen extranjero, baja de aranceles u otros factores externos que hayan causado que los valores del recursos hayan disminuido; el tercer y cuarto gráfico son el ejemplo de un recurso o APU que no se han utilizado o actualizado, como evidencia el modelo de regresión lineal muestra una pendiente cero, ambos corresponden a rubros arquitectónicos y más aún de restauración del centro histórico de la ciudad de Cuenca, el primero de las veredas patrimoniales y el segundo en trabajos de restauración de casas, el desuso de los mismos corresponden a que no se han realizado trabajos por parte del área correspondiente debido a varios factores como pueden ser recortes de presupuesto, falta de mantenimiento de los bienes patrimoniales, posible reemplazo de rubros antiguos con nuevos materiales, etc.; en las dos últimas gráficas corresponden a modelos lineales con pendientes positivas, la de la izquierda corresponde a un rubro eléctrico de transformador trifásico, se observa que en el transcurso de dos años hubo un incremento de aproximadamente 2000 USD del rubro, lo cual podría deberse debido a la pandemia global y a la restricción de transporte marítimo en el mundo o un incremento en los aranceles de importación del mismo, en el gráfico de la derecha se observa un recurso de mucho uso como lo es el cemento portland, el cual tiene un modelo de regresión positivo pero en el cual si se observa en el año 2022 cuenta con 4 valores correspondientes al recurso, lo cual es indicativo que hubieron 4 diferentes criterios al momento de asignar un valor de costo del mismo o también la variedad de valores en el mercado nacional de este ítem.

Discusión y conclusiones

De la investigación realizada obtenemos que la base total de análisis de precios unitarios del GAD de Cuenca cuenta con 17814 rubros, luego de la depuración y unión de las distintas bases la Base Central se conforma de 6512 rubros que corresponde a un 36.55% de todos los rubros no categorizados u organizados.

De la revisión de unidades empleadas en los APU'S de las bases de datos, encontramos que 351 de los mismos tienen una unidad de medida errónea.

De la totalidad de Recursos empleados para conformar los rubros de trabajo, el 91.89% corresponden a Materiales, el resto del total se conforman por transporte, herramientas y mano de obra, lo cual pone en evidencia la falta de investigación con respecto a los ámbitos del uso de automotores o equipos autopropulsados, además que también es necesario ampliar la investigación

con el fin de mejorar los recursos correspondientes a la mano de obra y al equipo que se está ocupando en los proyectos de construcción.

Los procesos de contratación de mayor frecuencia en el GAD de Cuenca son los de Menor Cuantía, los mismos que son de adhesión hacia los oferentes, es por ello que es necesario tener una base optimizada con el fin de no generar perjuicios a los profesionales licitantes y que las obras cumplan de manera satisfactoria los objetivos contractuales.

En APU'S las oportunidades de optimizar la base de datos corresponden a un 14.33% de rubros con pendientes negativas y a un 1.88% de rubros con pendientes cero, esto indica que el grado de utilización de la base de APU'S tiene un 98.12% y un 83.79% de optimización correspondiente a rubros que presentan modelos de regresión lineal positiva y por ende se comportan con el incremento de los costes del mercado y la inflación del país.

Con respecto a los Recursos que conforman los APU'S, las oportunidades de optimización corresponden a un 42.89% de recursos con modelos de regresión lineal con pendientes negativas y un 17.36% de pendientes cero que a la vez indican el grado de no utilización de la base, dando un grado de utilización de un 82.64% de la base de recursos, pero de tan solo un 39.76% de optimización correspondiente a recursos con modelos de regresión lineal positivas.

Como discusión se propone que la investigación del comportamiento de los APU'S y Recursos que la conforman, no solo se trate a nivel de costos unitarios, sino que, se incorporen medidores adicionales tales como nivel de eficiencia en campo o ejecución real del rubro, además de la incorporación de medidores de carácter social o ecológico que no existen en los rubros de construcción analizados, también se propone aplicar la metodología propuesta en esta investigación a otras instituciones del sector público ecuatoriano y a constructoras privadas con el fin de obtener valores para correlacionar el uso de los rubros de trabajo en la construcción en la realidad del país

Referencias

1. ÁBACO-CHILE: herramienta de ecoeficiencia para el diseño y ejecución de proyectos de construcción sustentable – Construye2025. (2021). <https://construye2025.cl/2021/09/29/abaco-chile-herramienta-de-ecoeficiencia-para-el-diseno-y-ejecucion-de-proyectos-de-construccion-sustentable/>
2. Arquímedes - CYPE. (2022). <https://info.cype.com/es/software/arquimedes/>

3. AWM - I. (2020, December 10). Estas son las obras contempladas en el presupuesto 2021 del Municipio de Cuenca - Diario El Mercurio. DIARIO EL MERCURIO - CUENCA. <https://elmercurio.com.ec/2020/12/10/estas-son-las-obras-contempladas-en-el-presupuesto-2021-del-municipio-de-cuenca/>
4. Barber, P., Graves, A., Hall, M., Sheath, D., & Tomkins, C. (2000). Quality failure costs in civil engineering projects. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 17(4), 479–492. <https://doi.org/10.1108/02656710010298544>
5. Becerik-Gerber, B., Siddiqui, M. K., Brilakis, I., El-Anwar, O., El-Gohary, N., Mahfouz, T., Jog, G. M., Li, S., & Kandil, A. A. (2014). Civil Engineering Grand Challenges: Opportunities for Data Sensing, Information Analysis, and Knowledge Discovery. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 28(4). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)cp.1943-5487.0000290](https://doi.org/10.1061/(asce)cp.1943-5487.0000290)
6. Calero, R. (2015). COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS A.P.U. Y COSTEO ABC PARA EL ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS EN LA CONSTRUCCIÓN. Pontificia Universidad Católica Del Ecuador.
7. Costos y Presupuestos con S10 – AMV CONSULTORES. (2019). <https://amvconsultoresperu.com/costos-y-presupuestos-con-s10/>
8. Darquea Jijón, F. (2018). IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA PROEXCEL 2016 EN LA EMPRESA PANECONS S.A., PARA SU USO EFICIENTE EN LA ELABORACIÓN DE PRESUPUESTOS DE OBRA DENTRO DE LA EMPRESA.
9. Dursun, O., & Stoy, C. (2016). Conceptual Estimation of Construction Costs Using the Multistep Ahead Approach. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(9). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0001150](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001150)
10. Elfaki, A. O., Alatawi, S., & Abushandi, E. (2014). Using intelligent techniques in construction project cost estimation: 10-Year survey. In *Advances in Civil Engineering* (Vol. 2014). Hindawi Limited. <https://doi.org/10.1155/2014/107926>
11. Espín Moya, E. R. (2015). TENDENCIAS DE LA GESTIÓN DE TALENTO HUMANO EN EL SECTOR PÚBLICO *Revista Científica de Universidad ECOTEC*. <http://ecociencia.ecotec.edu.ec/articulo?ida=34>

12. GAD DE CUENCA, & Unidad de contratación de obras. (2020). GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN CUENCA DIRECCIÓN GENERAL DE COMPRAS PÚBLICAS LINEAMIENTOS PARA LA CREACIÓN DE: ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.
13. García, J. (2005). El Project Manager aplicado a la construcción. Partida Doble, 164, 26 a 33.
14. Gavilanez, A. (2019). Desarrollo de un Programa de Elaboración de Presupuestos de Construcción por Análisis de Precios Unitarios. UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ.
15. Ghazal, M. M., & Hammad, A. (2022). Application of knowledge discovery in database (KDD) techniques in cost overrun of construction projects. International Journal of Construction Management, 22(9), 1632–1646. <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1738205>
16. Hernández Cortéz, A., & Beltrán Cárdenas, I. (2018). APOYO EN LABORES DE INGENIERIA Y ACOMPAÑAMIENTO AL PROFESIONAL ENCARGADO DE LA REALIZACION DE ACTIVIDADES, PRESUPUESTOS, PROGRAMACION Y CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA.
17. Hyari, K. H., Al-Daraiseh, A., & El-Mashaleh, M. (2016). Conceptual Cost Estimation Model for Engineering Services in Public Construction Projects. Journal of Management in Engineering, 32(1). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000381](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000381)
18. IS SOLUCIONES. (2021). Módulo de Base Central - InterPro. <https://www.interpro.ec/gallery/b/>
19. Isidore, L. J., & Back, W. E. (2002). Multiple Simulation Analysis for Probabilistic Cost and Schedule Integration. JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT, 211–219. <https://doi.org/10.1061/ASCE0733-93642002128:3211>
20. Juszczuk, M. (2017). The Challenges of Nonparametric Cost Estimation of Construction Works with the use of Artificial Intelligence Tools. Procedia Engineering, 196, 415–422. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.218>
21. Kadri, T., & Dewi Hudayani Sugara Sekolah Tinggi Teknologi Nusa Putra Sukabumi, R. (2017). Estimated Budget Construction Housing Using Linear Regression Model Easy And Fast Solutions Accurate. <https://doi.org/10.1109/CED.2017.8308095>

22. Kim, G.-H., Shin, J.-M., Kim, S., & Shin, Y. (2013). Comparison of School Building Construction Costs Estimation Methods Using Regression Analysis, Neural Network, and Support Vector Machine. *Journal of Building Construction and Planning Research*, 01(01), 1–7. <https://doi.org/10.4236/jbcpr.2013.11001>
23. Kim, S.-Y., Tuan, N., Lee, J. do, Pham, H., & Luu, V. T. (2017). Cost Overrun Factor Analysis for Hospital Projects in Vietnam. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 0000, 1–11. <https://doi.org/10.1007/s12205-017-0947-5>
24. Kropp, T., Bombeck, A., & Lennerts, K. (2021). An Approach to Data Driven Process Discovery in the Cost Estimation Process of a Construction Company. *Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, 2021-November, 893–900. <https://doi.org/10.22260/isarc2021/0121>
25. Landázuri, M., & Neira Orellana, Á. E. (2014). *La Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública y su Incidencia en el Cumplimiento de los Principios que Rigen la Contratación Pública*. UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO.
26. Llanos Reyes, M. F. (2019). Análisis a los procedimientos precontractuales empleados al proceso de contratación de servicios y obras en instituciones del sector público. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/13636>
27. LEY ORGÁNICA DEL SISTEMA NACIONAL DE CONTRATACIÓN PÚBLICA, (2021). www.lexis.com.ec
28. Lowe, D. J., Emsley, M. W., & Harding, A. (2006). Predicting Construction Cost Using Multiple Regression Techniques. *JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT*, 750–758. <https://doi.org/10.1061/ASCE0733-93642006132:7750>
29. Mahpour, A. (2020). STATISTICAL ANALYSIS OF TEXAS STATE HIGHWAYS' COST INDICES. *International Journal of Transport Economics*, 47(1), 15–36. <https://doi.org/10.19272/202006701002>
30. Muhammad, N. Z., Keyvanfar, A., Zaimi, M., Majid, A., Shafaghat, A., Magana, A. M., Lawan, H., & Balubaid, S. (2015). *Jurnal Teknologi Assessment of Cost Escalation factors for Building and Civil Engineering Projects in Nigerian Construction Industry: a Multiple Regression Approach (Vol. 74, Issue 4)*. www.jurnalteknologi.utm.my
31. Naranjo, P. (2007). “HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA EL ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS Y PLANIFICACIÓN, APLICADOS A LA CONSTRUCCIÓN

- DE VIVIENDAS” [UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA].
[https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/14549/1/Naranjo_ochoa%2C Pablo Xavier.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/14549/1/Naranjo_ochoa%2C_Pablo_Xavier.pdf)
32. Okere, G. (2017). Reliance on and Reliability of the Engineer’s Estimate in Heavy Civil Projects. *Construction Economics and Building*, 17(2), 92–114.
33. OPUS - software - Multion Consulting. (2022). <https://multion.com/producto/opus>
34. PCU Corporation. Estimating and Cost Control Software and Services. (2017). <https://pcucorp.com/es/company-history.html>
35. Petrusseva, S., Zileska-Pancovska, V., Žujo, V., & Brkan-Vejzović, A. (2017). CONSTRUCTION COSTS FORECASTING: COMPARISON OF THE ACCURACY OF LINEAR REGRESSION AND SUPPORT VECTOR MACHINE MODELS. *Tehnicki Vjesnik*, 24(5), 1431–1438. <https://doi.org/10.17559/TV-20150116001543>
36. PRESUPUESTOS – WarisSoft – Software para la Construcción. (2022). <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:jsyRy70Az48J:https://warissoft.com/blog/waris2000-control-de-obras/gerencia-de-obras/presupuestos/+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec>
37. Qué es un algoritmo informático: características, tipos y ejemplos. (2021). <https://profile.es/blog/que-es-un-algoritmo-informatico/>
38. Rafiei, M. H., & Adeli, H. (2018). Novel Machine-Learning Model for Estimating Construction Costs Considering Economic Variables and Indexes. *Journal of Construction Engineering and Management*, 144(12). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0001570](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001570)
39. Revista Gestión Ecuador. (2020). La construcción, un pilar de la economía debilitado por la pandemia | Gestión. <https://www.revistagestion.ec/economia-y-finanzas-analisis/la-construccion-un-pilar-de-la-economia-debilitado-por-la-pandemia>
40. CONDICIONES GENERALES PARA LA CONTRATACIÓN DE OBRAS SERCOP, (2017).
41. MODELO DE PLIEGO DE LOS PROCEDIMIENTOS DE LICITACIÓN DE OBRAS Versión SERCOP 2.1 (09 de junio de 2017) III., (2017).
42. Servicio Nacional de Contratación Pública. (2022). INSTRUCTIVO PARA LLENAR EL FORMATO DE PRESUPUESTO DE OBRA.

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjM7YDvpZr6AhXgZzABHVNwBjoQFnoECAQQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.compraspublicas.gob.ec%2FProcesoContratacion%2Fcompras%2FPC%2FbajarArchivo.cpe%3FArchivo%3D11CD4T0xBdltp1YkTaL3eBGcWk_9VAVXXD5qidkTMc%2C&usg=AOvVaw3ufwJ_NEUHwjftrts2F35

43. Sonmez, R. (2004). Conceptual cost estimation of building projects with regression analysis and neural networks. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 31(4), 677–683. <https://doi.org/10.1139/L04-029>
44. UNIVERSIDAD DE JAÉN. (2005). Capítulo 9. Regresión lineal. In APUNTES DE ESTADÍSTICA.
45. Vera, J., Sostenibilidad, S., Rodríguez, J., Espae, P. de, & Zambrano, J. (2016). Orientación estratégica para la toma de decisiones - Industria de la Construcción. ESPAE-ESPOL. <http://www.espae.espol.edu.ec/publicaciones-de-espae/>
46. Williams, T. P., & Asce, M. (2003). Modeling Dredging Project Cost Variations. *JOURNAL OF WATERWAY, PORT, COASTAL AND OCEAN ENGINEERING*, 279–285. <https://doi.org/10.1061/ASCE0733-950X2003129:6279>
47. Williams, T. P., & Gong, J. (2014). Predicting construction cost overruns using text mining, numerical data and ensemble classifiers. *Automation in Construction*, 43, 23–29. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.02.014>

© 2023 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).