

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LAS COVARIABLES PESO DE LA  
GESTANTE Y SEMANAS DE GESTACIÓN SOBRE EL COSTO TOTAL DE UN  
PARTO POR RANGO DE EDADES, PARA UNA IPS DE TERCER NIVEL DE LA  
CIUDAD DE BOGOTÁ EN EL SEGUNDO SEMESTRE DE 2016



ARABELY LÓPEZ PEREIRA  
MARGARITA VACA CUEVAS

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESPECIALIZACIÓN EN ESTADÍSTICA APLICADA  
BOGOTÁ D.C.  
2017

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LAS COVARIABLES PESO DE LA  
GESTANTE Y SEMANAS DE GESTACIÓN SOBRE EL COSTO TOTAL DE UN  
PARTO POR RANGO DE EDADES, PARA UNA IPS DE TERCER NIVEL DE LA  
CIUDAD DE BOGOTÁ EN EL SEGUNDO SEMESTRE DE 2016

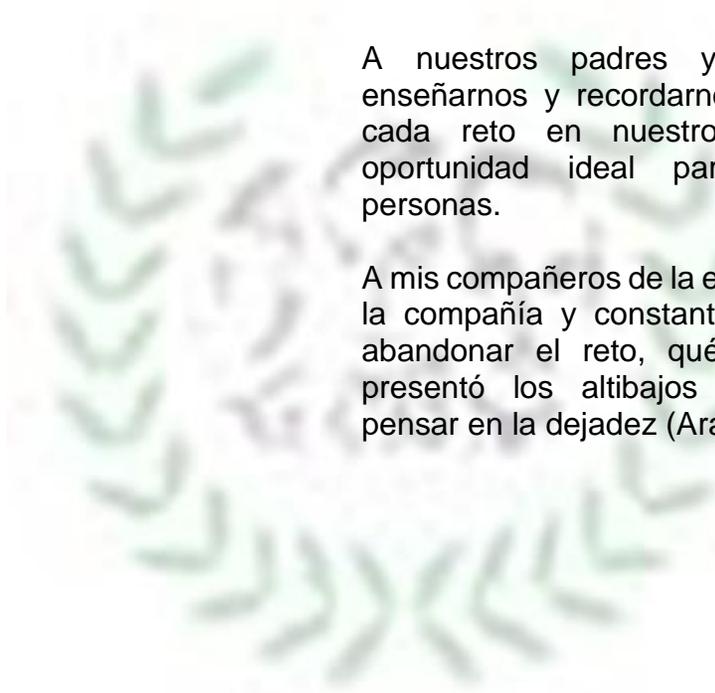
ARABELY LÓPEZ PEREIRA  
MARGARITA VACA CUEVAS

Trabajo de grado para optar por el título de Especialista en estadística aplicada

Directora: Martha Tatiana Pamela Jiménez Valderrama  
Estudiante de doctorado en Agrociencias

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESPECIALIZACIÓN EN ESTADÍSTICA APLICADA  
BOGOTÁ D.C.  
2017

## Agradecimientos



A nuestros padres y hermanos por enseñarnos y recordarnos día a día que cada reto en nuestro camino es la oportunidad ideal para ser mejores personas.

A mis compañeros de la especialización por la compañía y constante apoyo para no abandonar el reto, qué a decir verdad presentó los altibajos necesarios para pensar en la dejadez (Ara López).

## Nota de aceptación

El trabajo de grado titulado ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LAS COVARIABLES PESO DE LA GESTANTE Y SEMANAS DE GESTACIÓN SOBRE EL COSTO TOTAL DE UN PARTO POR RANGO DE EDADES, PARA UNA IPS DE TERCER NIVEL DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ EN EL SEGUNDO SEMESTRE DE 2016, realizado por las estudiantes ARABELY LÓPEZ PEREIRA y MARGARITA VACA CUEVAS, cumple con los requisitos exigidos por la FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES para optar al título de ESPECIALISTA EN ESTADÍSTICA APLICADA.

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del Jurado

Bogotá D.C., 10 de junio de 2017



Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	16
OBJETIVOS	17
JUSTIFICACIÓN	17
1. MARCO DE REFERENCIA	19
2. MARCO TEÓRICO	22
2.1 DISEÑO FACTORIAL	22
2.1.1 Fundamentos	22
2.1.2 Prueba de hipótesis diseño dos factores	24
2.1.3 Modelo	24
2.1.4 Análisis de varianza	25
2.2 DISEÑO FACTORIAL EN BLOQUE	26
2.3 DISEÑO FACTORIAL EN BLOQUE CON COVARIABLES	28
3. MARCO METODOLÓGICO	30
3.1 CARACTERÍSTICAS DE UNIDADES	30
3.2 DISEÑO DE EXPERIMENTOS	30
3.3 HIPÓTESIS	32
3.4 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS	33
3.4.1 Correlación entre la variable dependiente y covariables	33
3.4.2 Análisis de varianza o ANOVA	33
3.4.3 Validación de supuestos	33
4. ANÁLISIS Y RESULTADOS	37
4.1. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN CON COVARIABLES	37
4.2 DISEÑO FACTORIAL 2X2 EN BLOQUES CON COVARIABLE	38
4.2.1 Análisis de varianza factorial 2x2 en bloques con covariable	38
4.2.2 Validación del modelo	39
4.3 TRANSFORMACIÓN DE DATOS	42
4.3.1 Análisis de correlación con covariables	42
4.3.2 Diseño factorial 2x2 en bloques transformado	44
4.3.3 Validación del modelo	45
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
ANEXOS	50

## LISTA DE TABLAS

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Presentación de resultados en diseño factorial 2x2	24
Tabla 2. Hipótesis diseño factorial	24
Tabla 3. Tabla de análisis de varianza para el diseño factorial de dos factores, modelo con efectos fijos	26
Tabla 4. Análisis de varianza de un diseño factorial de dos factores en bloques completamente aleatorizados	28
Tabla 5. Análisis de varianza de un diseño factorial de dos factores en bloques completamente aleatorizados con covariable	29
Tabla 6. Componentes de los sub-costos asociados al parto	31
Tabla 7. Costos totales relacionados a un parto clasificado en tres edades según tipo de parto y complicaciones	32
Tabla 8. Análisis de varianza diseño factorial 2x2 en bloques con covariable	39
Tabla 9. Análisis de varianza diseño factorial 2x2 con covariable	39
Tabla 10. Cálculos para transformación de datos	42
Tabla 11. Análisis de varianza diseño factorial 2x2 en bloques transformado	45
Tabla 12. Prueba de Kruskal-Wallis	47
Tabla 13. Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes	50
Tabla 14. Análisis de varianza diseño factorial en bloque con covariable - transformado sin atípicos	51

## LISTA DE ECUACIONES

	<b>pág.</b>
Ecuación 1. Efectos simples	23
Ecuación 2. Efectos principales	23
Ecuación 3. Efectos de interacción	23
Ecuación 4. Modelo diseño factorial 2x2	24
Ecuación 5. Suma de cuadrados factor A	25
Ecuación 6. Suma de cuadrados factor B	25
Ecuación 7. Suma de cuadrados interacción factor A y factor B	26
Ecuación 8. Suma de cuadrados error	26
Ecuación 9. Suma de cuadrados bloques	27
Ecuación 10. Suma de cuadrados regresión	28
Ecuación 11. Modelo Costos totales de un parto con dos factores en bloque y dos covariables	32
Ecuación 12. Hipótesis covariable peso	32
Ecuación 13. Hipótesis covariable semanas de gestación	33
Ecuación 14. Hipótesis para prueba de normalidad	34
Ecuación 15. Hipótesis para prueba de homogeneidad	34
Ecuación 16. Hipótesis para el supuesto de independencia entre covariable y tratamiento	35
Ecuación 17. Hipótesis para prueba de linealidad	35
Ecuación 18. Hipótesis para prueba de heterogeneidad de tratamientos	36
Ecuación 19. Hipótesis para prueba Kruskal-Wallis	47

## LISTA DE GRÁFICAS

	<b>pág.</b>
Gráfica 1. Correlación Costo total - peso	37
Gráfica 2. Correlación Costo total – semanas de gestación	38
Gráfica 3. Gráfica de probabilidad de residuos - Normal	40
Gráfica 4. Prueba de igualdad de varianzas: Residuos vs Tipo de parto, Complicaciones	41
Gráfica 5. Residuos vs orden	41
Gráfica 6. Correlación Costo transformado - peso	43
Gráfica 7. Correlación Costo total transformado – semanas de gestación	44
Gráfica 8. Caja de tratamientos	46
Gráfica 9. Prueba de Levene - datos transformados	46
Gráfica 10. Supuesto de independencía - datos transformados	48
Gráfica 11. Gráfica de probabilidad de residuos - Normal	51
Gráfica 12. Prueba de igualdad de varianzas: residuos vs tipo de parto y	52
Gráfica 13. Residuos vs orden - ajuste datos atípicos	52



## LISTA DE ANEXOS

	<b>pág.</b>
Anexo 1. Ajuste del modelo por criterio de observaciones poco comunes	50



## GLOSARIO

### GLOSARIO ESTADÍSTICO

**ALEATORIZACIÓN:** como su nombre lo indica es la asignación aleatoria de tratamientos a las unidades experimentales. Proporciona estimaciones válidas de la varianza del error experimental para los métodos de inferencia estadística. Uno de los métodos utilizados para la aleatorización se define por la diferencia de medias entre tratamientos, donde la hipótesis nula hace referencia a la igualdad de medias entre los tratamientos y la hipótesis alternativa indica una diferencia entre las medias.

**BLOQUE:** grupo de unidades experimentales homogéneas para una o más características que pueden afectar la variable respuesta.

**CONTROL LOCAL:** permite reducir o controlar el error experimental, incrementando la exactitud de las observaciones y estableciendo la base de inferencia del estudio. El control puede llevarse a cabo a través de la técnica, la selección de unidades experimentales, el análisis de bloques, selección del diseño experimental y la medición de variables. (Kuehl, 2001)

- **La técnica** adecuada, implícitamente, debe contar una serie de criterios que permitan tomar decisiones sobre la inclusión de observaciones extremas que puedan afectar la variación de los estadísticos, evitando que incremente innecesariamente las varianzas estimadas del error experimental. Por otra parte, los métodos cumplen con diferentes niveles de exactitud, precisión y alcance; a través de la técnica se debe escoger los instrumentos y métodos que proporcionen las observaciones más precisas de acuerdo a los recursos económicos. (Kuehl, 2001, págs. 8-11)
- **Selección de unidades experimentales**, si bien al momento de aplicar un experimento se busca homogeneidad en las características de las unidades experimentales, con el fin de reducir la varianza en el error experimental, no se debe caer en el error de forzar una uniformidad que pueda afectar los resultados. Así mismo, las condiciones bajo las cuales se va a desarrollar el experimento deben guardar un alto grado de igualdad, considerando que los factores externos pueden distorsionar los resultados.
- **Análisis de bloques** busca determinar la viabilidad y éxito de agrupar unidades experimentales de manera que su variabilidad sea menor a la presentando de forma individual, con el fin de minimizar el error experimental del modelo. En este sentido, los bloques conformados internamente son altamente homogéneos, pero entre ellos deben existir claras diferencias. La formación de bloques está definida por cuatro criterios a saber: proximidad

(principalmente en agricultura), características físicas, tiempo y administración de tareas en el experimento. (Kuehl, 2001)

- **Selección del diseño experimental:** Robert Kuehl define el diseño de experimental como el arreglo de las unidades experimentales utilizado para controlar el error experimental, a la vez que acomoda los tratamientos. La elección correcta del tipo de diseño a utilizar debe cumplir con el principio de integración al lograr la máxima información, precisión y exactitud con el uso más eficiente de los recursos existentes. Las clases de diseños experimentales más usuales son: diseño totalmente aleatorizado, diseño en bloques y diseño factorial.
- **Medición de covariables:** para determinar el nivel de influencia de las covariables se aplica el análisis de covarianza, el cual estima la relación de regresión entre y la covariada x, para reducir estadísticamente la varianza del error experimental.

**COVARIABLES:** son factores que no se pueden controlar, pero si medir y pueden influir en los resultados o alterar algún componente

**ERROR EXPERIMENTAL:** describe la variación entre las unidades experimentales. Kuehl (2001) lista 5 tipos de origen del error experimental: variación natural entre unidades experimentales, variabilidad de la medición de la respuesta; imposibilidad de reproducir las condiciones del tratamiento con exactitud de una unidad a otra, interacción de los tratamientos con unidades experimentales y cualquier factor externo que influya en las características medidas.

**EXACTITUD:** variabilidad de los datos con respecto a un valor promedio teórico. Se dice que hay exactitud cuando los resultados son cercanos al valor de referencia, la diferencia con respecto al valor de referencia se denomina sesgo, es decir que los datos sesgados son datos inexactos.

**FACTOR:** variable independiente que se encuentran relacionadas con la respuesta del modelo y es evaluada en la investigación.

**PRECISIÓN:** variabilidad de los datos muestrales con respecto a su valor promedio. Se presume que existe precisión cuando todos los resultados son similares entre sí, una varianza pequeña indica precisión.

**NIVEL DE LOS FACTORES:** atributos o estados en que se descomponen un factor. Por ejemplo, el tipo de afiliación a un centro vacacional puede dividirse en A, B y C según los privilegios que se le otorgue.

**RÉPLICAS:** número de repeticiones del experimento básico. El número correcto de réplicas demuestra que se pueden reproducir los resultados, al menos bajo las mismas condiciones experimentales actuales; proporciona cierto grado de seguridad contra resultados anormales; proporciona las medidas para estimar la varianza del error experimental y brinda la posibilidad de aumentar la precisión en la estimación de las medias de los tratamientos. Sin embargo, los costos asociados al número de réplicas necesarias para una investigación es un limitante importante que debe ser incluido como parámetro de elección. (Kuehl, 2001)

**TRATAMIENTO:** conjunto de circunstancias creadas para el experimento, en respuesta de la hipótesis de investigación. Estas condiciones evalúan el comportamiento de la unidad experimental con el fin de identificar datos de interés que permitan realizar comparaciones entre tratamiento o niveles del tratamiento. Por ejemplo: temperaturas, tipo de material, lugares, procesos industriales, tipos de créditos.

**UNIDADES EXPERIMENTAL:** entidad física o sujeto expuesto al tratamiento independientemente de otras unidades: fertilizantes aplicados al suelo de un cultivo.

**UNIDAD OBSERVACIONAL:** entidad física o sujeto que va a ser medido al final del tratamiento: plantas de interés.

## GLOSARIO DISCIPLINARIO

**CESÁREA:** procedimiento quirúrgico mediante el cual se puede realizar el proceso de parto.

**COMPLICACIÓN DE PARTO:** seria de dificultades que puede presentar la gestante en el proceso de parto, que pueden tener como consecuencia una hospitalización prolongada y uso de servicios de salud adicionales.

**ECLAMPSIA:** enfermedad que afecta a la mujer en el embarazo o el puerperio, que se caracteriza por convulsiones seguidas de un estado de coma; suele ir precedida de otras afecciones como hipertensión arterial, edemas o presencia de proteínas en la orina.

**SEMANAS DE GESTACIÓN:** edad medida en semanas de un embrión o feto, contado desde el primer día de la última menstruación más 10 días.

**EPS:** Empresa prestadora de servicios

**EPS-s:** Empresa prestadora de servicios del régimen subsidiado

**HIPERTENSIÓN ARTERIAL:** incremento en la fuerza ejercida por la sangre en la pared arterial, cabe aclarar que el sistema circulatorio humano está compuesto por venas y arterias

**IPS:** Institución Prestadora de Servicios de Salud

**NIVELES EN SALUD:** De acuerdo con la complejidad de las actividades, procedimientos e intervenciones, los siguientes son los niveles de atención en salud, están los niveles de atención I, II, III, IV. Dónde: el nivel I es ambulatorio, el nivel II ambulatorio especializado, nivel III incluye laboratorio, imágenes diagnósticas de mayor complejidad y nivel IV imágenes diagnósticas especializadas, oncología (cáncer), y servicios especializados y de alta complejidad.

**PARTO:** proceso que inicia con contracciones o dolores peri abdominales (alrededor de) y zona lumbar que culmina con el alumbramiento.

**PARTO NORMAL:** proceso fisiológico por el cual se da el alumbramiento.

**PREECLAMPSIA:** Estado patológico de la mujer en el embarazo que se caracteriza por hipertensión arterial, edemas, presencia de proteínas en la orina y aumento excesivo de peso; puede preceder a una eclampsia

**OMS:** Organización Mundial de la Salud

## RESUMEN

En este trabajo se analiza la influencia de las covariables peso de la gestante y semanas de gestación sobre el costo total de un parto para una Institución Prestadora de Salud (IPS) de tercer nivel en el periodo junio – diciembre de 2016, teniendo en cuenta la edad de la gestante y factores como el tipo parto y complicaciones. Para este fin, se diseña un experimento a partir de los datos recolectados y se aplican las técnicas estadísticas asociadas para el análisis de factores, bloques y covariables. Los resultados obtenidos demuestran que la formación de bloques por edad de la gestante es pertinente aplicando la transformación de datos a la variable dependiente; asimismo, se evidencia que las semanas de gestación tiene efecto en los costos de un parto. Por último, se concluye que tanto el factor tipo de parto como complicaciones influye en el costo de un parto, siendo los costos totales de un parto por cesárea, tanto con presencia como ausencia de complicaciones, superiores a la mediana del costo total.

**Palabras clave:** diseño de experimentos factorial, bloques, covariables, pruebas no paramétricas, costos.

## ABSTRACT

In this paper we analyze the influence of the covariables weight of the pregnant woman and weeks of gestation on the total cost of a childbirth for a third level Health Care Institution (HCI) in the period June - December 2016, taking into account the age of the pregnant woman and factors such as type of childbirth and complications. For this purpose, an experiment is designed from the data collected and the associated statistical techniques for the analysis of factors, blocks and covariates are applied. The results obtained demonstrate that the formation of blocks by age of the pregnant woman is pertinent applying the transformation of data to the dependent variable; likewise, it is evident gestational age affects the costs of childbirth. Finally, it is concluded that both the type of childbirth and complications influence on the cost of a childbirth, with the total costs of childbirth by cesarean, both with presence and absence of complications, are higher than the median of the total cost.

**Key words:** Design of factorial experiments, blocks, covariables, Non-parametric test, costs

## INTRODUCCIÓN

El ciclo de vida de un ser humano se encuentra definido por cinco grandes fases: niñez, adolescencia, joven, adulto y vejez, en cada una de las etapas se desarrollan diferentes procesos. En el caso de la mujer, desde la adolescencia hasta la adultez se presenta la edad fértil, en la cual puede o no darse una gestación que culmine con el parto. La gestión gubernamental ha estado enfocada en la generación de políticas públicas orientadas en brindar herramientas y oportunidades para las gestantes. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2000). Sin embargo, factores externos han influido para que exista morbi-mortalidad al momento de un parto y por consiguiente exista la posibilidad de mayor número de eventos negativos, factores tales como: el tiempo en la prestación del servicio, la gestión administrativa, la falta de instrumentos necesarios, entre otros. Estos factores a su vez se convierten en catalizadores de los costos asociados a un parto, lo cual conlleva a que las Instituciones Prestadoras de Salud (IPS) tomen medidas económicas que en algunos casos pueden ser erróneas.

Si bien, comúnmente, este tipo de factores ajenos a la gestante, son los que influyen en el aumento considerable de los costos relacionados a un parto, es importante determinar si factores no controlables inherentes a las mujeres en embarazo también pueden afectar estos costos (Ministerio de Salud y Protección Social, 2000). Dentro de las variables más relevantes se podrían considerar el peso y las semanas de gestación, dado que estas pueden ocasionar complicaciones durante el parto, requiriendo mayores recursos para conservar el binomio madre-hijo.

En este sentido, el presente trabajo contempla la interrogante de si *existe o no una influencia de variables externas como el peso y semanas de gestación sobre los costos totales para un parto en una Institución Prestadora de Salud (IPS) de tercer nivel entre junio y diciembre de 2016*, considerando tres bloques de edad y factores como el tipo de parto y la presencia o ausencia de complicaciones. Para ello, se hace uso del diseño de experimentos y sus técnicas asociadas con el análisis de factores, bloques y covariables.

Este trabajo se estructura en cinco grandes partes: marco de referencia, marco teórico, marco metodológico, análisis - resultados, y conclusiones - recomendaciones.

En la primera parte, se presenta una contextualización de temas claves sobre la salud de la mujer en etapa de gestación y la importancia de evaluar los costos asociados a un parto, asimismo se referencian trabajos similares respecto a los costos en la salud y específicamente en el parto.

Para la segunda parte, se explica la estructura teórica que será utilizada para este estudio, dando alcance a un diseño factorial en bloques con covariables. En la

sección de metodología, se describe tanto las unidades observacionales analizadas como el diseño de experimentos formulado y las técnicas a replicar.

En cuanto el segmento análisis y resultados se compone por la aplicación de las diferentes técnicas planteadas a los datos recolectados, haciendo uso del software estadístico Minitab, y la interpretación de los principales resultados. Finalmente, se explican las conclusiones fundamentales alcanzadas en este estudio.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Determinar si existe influencia de las covariables peso y semanas de gestación sobre el costo total de un parto en una IPS de tercer nivel en el periodo junio – diciembre de 2016 considerando rangos de edades y factores como el tipo de parto y la presencia o ausencia de complicaciones.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Definir la pertinencia de la formación de bloques por edades para este estudio.
- Identificar cuál tratamiento afecta en mayor medida el costo total del parto.
- Establecer la validez del análisis de varianza del diseño factorial en bloques con covariables.

## JUSTIFICACIÓN

El proceso de parto es una situación que genera un sinnúmero de emociones tanto en la gestante como en su familia, la llegada de un nuevo integrante puede traer incertidumbre, conmoción y otros sentimientos; por lo que se busca que el transcurso del alumbramiento se dé con la mayor normalidad posible y se genere el menor traumatismo tanto para la nueva madre como para las demás partes, considerando éstas como la familia, el personal de salud y obviamente el recién nacido. (Alemany & Velasco, 2005)

Es importante considerar que si bien cualquier procedimiento en salud trae riesgos, el momento del parto o alumbramiento puede ser lo suficientemente inestable para pasar de un “estado normal” a una complicación por condiciones propias de la gestante o el ambiente como se mencionó anteriormente, estas a su vez, se van a ver reflejadas en el aumento de la estadía hospitalaria, intervenciones, exámenes de laboratorio, entre otros que afectarán los costos asociados, costos que todos los actores del sistema de salud (estado, IPS, EPS, EPS-s) en Colombia buscan disminuir. Esta necesidad de reducir costos en la prestación de servicios de salud

ha creado políticas, planes y proyectos que, enfocados en la promoción de la salud, buscan que las tasas de morbi-mortalidad en cuanto al bienestar materno-perinatal sean las menores posibles. Solo para mencionar algunos están el plan decenal de salud pública 2012-2021 y los objetivos del milenio definidos por OMS. (OMS, 2013)

Con lo descrito se evidencia la necesidad de realizar una investigación sobre los costos en diferentes servicios en salud, más aun en el servicio de ginecología, puesto las políticas de salud tiene especial énfasis en la reducción de la morbilidad y mortalidad o separación de alguno de los integrantes del binomio madre-hijo, por lo cual determinar si hay o no injerencia de la edad, las semanas de gestación, el peso, el tipo de parto en el costo total del mismo es realmente relevante, los resultados permiten esbozar ideas o planes para la distribución del recurso obtenido en pro del beneficio de todas las partes que componen el sistema de salud. Adicional a esto, las investigaciones acerca de las variables que influyen en los costos de un parto son escasas y se fundamentan en deducciones a partir de la aplicación de estadísticas descriptivas, dejando de lado técnicas más pertinentes como el diseño de experimentos.

Los resultados de este trabajo pueden ser tomados como un punto de partida para las IPS, a fin de proyectar la inclusión de variables externas en la adecuada distribución de recursos y abrir la posibilidad de crear programas que propicien la prevención de complicaciones enfocados en la promoción de la salud de la gestante.

## 1. MARCO DE REFERENCIA

La Organización Mundial de la Salud define salud como “el estado de completo bienestar físico, mental y social y no solamente la ausencia de enfermedad” (OMS, 1946), este concepto ha tenido modificaciones a lo largo de la historia considerando diferentes factores coyunturales que pueden alterar el bienestar del individuo. En la actualidad, hay corrientes que definen a la persona no como un estado sino como un conjunto dinámico de cambios de acuerdo a las situaciones a las que se enfrente (Ibacache Burgos & Leighton Naranjo, 2005), a partir de esta concepción la mujer comienza a tener mayor relevancia en el campo de la salud, para ser aún más específico la mujer en edad fértil (MEF) y las etapas que conlleva el estado del embarazo: gestación, parto y pos-parto.

Según la OMS, la edad fértil inicia con la menarquia (primera menstruación) y finaliza con la menopausia (última menstruación), durante este periodo se puede presentar el estado de gestación, el cual se puede clasificar en bajo riesgo y alto riesgo según la edad, teniendo en cuenta edades extremas como menores de edad y mayores de 33-35 años, en estos casos se incrementan los riesgos tanto para la madre como para el hijo, al punto que se genere la separación del binomio madre-hijo por complicaciones o muerte. Cada año mueren por complicaciones relacionadas con el embarazo y el parto unas 287.000 mujeres (OMS, 2013), el 99% de ellas en países en desarrollo como Colombia, el cual ocupa el tercer lugar entre los países con muertes maternas por complicaciones en Suramérica (ONU, 2010), donde se suma que cada vez la prestación o uso de tecnología sanitaria es más costosa.

En las mujeres jóvenes la complicación más común es la cesárea, considerando que las siguientes gestaciones culminaran en el mismo procedimiento con los riesgos que conllevan. En el caso de las mujeres mayores de 33 años en periodo de gestación, la hipertensión arterial es la complicación más frecuente y finaliza en cesárea. Lo anteriormente descrito, lleva a que las instituciones de salud puedan incrementar los tiempos de hospitalización, aumentar el uso de medicamentos, laboratorios e imágenes diagnósticas, con el único fin de mantener el binomio madre-hijo en las mejores condiciones posibles.

Por lo anterior, puede aumentarse o mantenerse los costos en salud, enfocados hacia la prestación del servicio de ginecología específicamente en el parto, lo cual está directamente relacionado con la tendencia de natalidad, mortalidad, distribución de recurso e implementación de políticas y por supuesto costos, finalmente la modificación del sistema de salud colombiano promovido por la ley 100 de 1993 integra el tema “costo” en el proceso.

Es importante resaltar que todos los programas gubernamentales han propiciado una mejora en cuanto a temas relacionados con muertes por complicaciones de la gestación y parto de alguno de los integrantes del binomio madre-hijo, la evidencia

muestra cómo ha disminuido estos índices pasando de una tasa bruta de 28,80% en el quinquenio 1985-1990 a una tasa estimada de 18,88% en el quinquenio 2010-2015 y por ende la esperanza de vida ha aumentado, para el ministerio de protección social y el plan decenal de salud pública 2012-2021 fijó como la maternidad segura una de sus principales metas donde se (Ministerio de Protección Social, 2013). Lo anteriormente descrito demuestra la importancia de los estudios e investigaciones de los costos de los servicios ginecológicos puesto que proporcionan información valiosa al momento de tomar decisiones sobre la distribución de recursos.

León (2011) encontró en su investigación observacional de corte transversal sobre las atenciones maternas en una EPS-S de Bogotá que el costo de los partos facturados por las IPS que atendieron pacientes del régimen subsidiado son superiores en 79,96% de los costos estándar asociados a la actividad de acuerdo a lo calculado con referencia a una tarifa SOAT 2011, ISS 2001 y un promedio de comparación, es importante resaltar que los resultados fueron dado en términos de cifras totales, promedios, cifras porcentuales y relaciones de costes totales. Asimismo, el alto número de cesáreas es contraindicado con lo promovido por instituciones internacionales como la OMS quien dice que el 15% de los partos máximo pueden llegar a ser este tipo de procedimientos, por último, la autora halló que es más costoso el parto por cesárea que el parto normal, recordando que el parto por cesárea puede presentar a su vez más complicaciones. (León, 2011)

El Ministerio de Protección Social en 2008, realizó una investigación indicativa sobre precios y análisis cualitativo en contratos en salud, los resultados de esta investigación están dados en términos de índices de precios al consumidor, sumas de cuadrados, cifras porcentuales, donde se destaca que hay variación en los costos de IPS públicas y privadas, así como diferencias con los manuales tarifarios (ISS), considerando que existen dos versiones ISS2001 e ISS2004. En este estudio también se describen los costos por sistemas del cuerpo humano; por ejemplo, en el sistema reproductor femenino, el precio tiende a ser mayor en los procedimientos del régimen subsidiado mientras que el promedio es de menor magnitud en el régimen contributivo. Por último, el estudio definió al menos 32 grupos de paquetes que incluyen procedimientos ligados al embarazo y parto, y procedimientos quirúrgicos de ginecología. (Ministerio de Protección Social, 2008).

Por otro lado, (Cortés, Flor, & Duque, 2002) realizan un estudio sobre los costos fijos y no fijos, de forma descriptiva con base porcentual para los resultados de una institución hospitalaria de II-III nivel, su objetivo fue definir la distribución de los costos fijos y variables para el cuidado médico y discutir las implicaciones de las políticas de salud. Los resultados mostraron que el 66% de los costos son fijos y el costo por paciente tratado está elevado, porque menos pacientes comparten los costos operativos, lo cual se traduce en la disminución de las estancias hospitalarias y en la promoción de lo ambulatorio, así como la atención de procedimientos no necesarios como lo es el servicio de urgencias. En conclusión, se encontró que hay

diferentes factores que influyen en el aumento de costos en salud (atención de consultas que no corresponden al servicio, infraestructura, profesionales, servicios, tipos de contratos, acuerdos de pago) entre otros descritos en la presente investigación.

Al respecto, se propone el uso de técnicas estadísticas diferentes a las comúnmente utilizadas (promedios, índices y porcentajes) para facilitar y demostrar con otro tipo de evidencia cuáles son las variables que más pueden afectar el incremento del costo del servicio y generar estrategias que faciliten la adecuada distribución de recursos con un fin común que debe ser el bienestar de la población y la satisfacción del profesional de trabajar en un ambiente adecuado.



## 2. MARCO TEÓRICO

El diseño de experimentos ha tomado un papel transversal en todas las disciplinas, resaltados sus amplios aportes en el campo de la salud y su reciente incursión en las ciencias sociales, agrupando conocimientos, experiencias y técnicas en la aplicación de experimentos enfocados en optimizar los recursos y alcanzar un óptimo deseado ya sea desde un producto o proceso. En este sentido, un experimento busca a través de la transformación de elementos de entrada (Montgomery D. , 2004) bajo protocolos específicos, donde el experimentador puede controlar estos protocolos, evaluar y probar algo que en mayor parte no se conoce de manera profunda (Kuehl O, 2001), generalmente través de la comparación de resultados bajo técnicas estadísticas específicas.

Para realizar un experimento se debe tener en cuenta las siguientes variables, describe Montgomery (2004):

- Determinar cuáles son las variables que tienen mayor influencia en la respuesta.
- Determinar cuál es el ajuste de la variable independiente (x) que tiene mayor influencia para que la variable dependiente (y) este casi siempre del valor deseado.
- Determinar cuál es el ajuste de la variable independiente (x) que tienen mayor influencia para que la variable dependiente (y) este reducida.
- Determinar cuál es el ajuste de la variable independiente (x) que tiene mayor influencia para que los efectos de las variables no controladas  $Z_1, Z_2...Z_q$  sean mínimos.

En cuanto al análisis de varianza busca identificar si los distintos niveles de un factor influyen en los valores de la variable respuesta, es pertinente aclarar que para ello la variación intragrupos debe ser la mínima mientras la variación entre-grupos la máxima.

### 2.1 DISEÑO FACTORIAL

#### 2.1.1 Fundamentos

El diseño factorial tiene como objetivo principal estudiar los efectos que pueden tener varios factores sobre la variable respuesta. El hecho que los niveles de todos los factores varíen al mismo tiempo permite evaluar las interacciones entre los estos (Gutiérrez & de la Vara, 2012)

En este tipo de diseño se investigan todas las combinaciones posibles de los niveles de los factores en cada réplica completa del experimento con el fin de determinar el efecto de un factor, es decir el cambio que se produce en la variable respuesta ante un cambio en un nivel del factor. Estos efectos pueden ser simples, principales y de

interacción, sin importar la clase de efecto su cálculo e interpretación parte del concepto de medias (Kuehl, 2001):

- Los efectos simples se entienden como las comparaciones entre los niveles de un factor a un solo nivel de otros. De tal forma, se identifica cuál de los niveles fue más efectivo ante la aplicación de una u otra técnica.

$$A_1 = \mu_{21} - \mu_{11}$$

Ecuación 1. Efectos simples

donde

$A_1$ : efecto simple del factor 1

$\mu_{11}$ : media de la interacción del nivel 1 del factor A y el nivel 1 del factor B

$\mu_{21}$ : media de la interacción del nivel 2 del factor A y el nivel 1 del factor B

- Los efectos principales hacen referencia a las comparaciones entre los niveles de un factor promediados para todos los niveles de otro factor, permitiendo determinar el cambio promedio de la variable respuesta, es pertinentes aclarar que esta técnica solo es aplicable ante factores con dos niveles.

$$A_1 = \bar{\mu}_2 - \bar{\mu}_1$$

Ecuación 2. Efectos principales

donde

$A_1$ : efecto principal del factor 1

$\bar{\mu}_1$ : media del nivel 1 del factor A

$\bar{\mu}_2$ : media del nivel 2 del factor A

- Los efectos de interacción miden las diferencias entre los efectos simples de un factor a diferentes niveles de otro.

$$C_1 = B_1 - A_1$$

Ecuación 3. Efectos de interacción

donde

$C_1$ : efecto de interacción entre el factor 1 y el factor 2

$A_1$ : efecto simple del factor 1

$B_1$ : efecto simple el factor 2

La versión más simple del diseño factorial es 2x2, el cual necesita al menos 2 réplicas para poder analizar las observaciones de los efectos principales y las interacciones, asimismo este diseño permite observar el efecto que tiene cada

variable independiente sobre la variable dependiente, así como el efecto que tienen las interacciones entre estas variables (Montgomery, 2001, p241). En el campo de la salud es utilizado cuando se busca aplicar dos tratamientos posibles y estos a su vez pueden ser combinados y aplicados en simultánea al mismo individuo, la Tabla 1 presenta un sencillo ejemplo de la aplicación de este diseño con un control (Martín A & Del Castillo, 2004)

Tabla 1. Presentación de resultados en diseño factorial 2x2

Tratamiento B Tratamiento A	Si	No
Si	Resultados	Resultados
No (Control)	Resultados	Resultados

Fuente: Martín A & Del Castillo, 2004

### 2.1.2 Prueba de hipótesis diseño dos factores

El diseño factorial debe dar respuesta a tres hipótesis de nulidad en las cuales se contemplan el efecto o no del factor A, factor B y la interacción entre estos. En la Tabla 2 se asocian las hipótesis con su significancia esperada.

Tabla 2. Hipótesis diseño factorial

Efecto	Hipótesis
El factor A tiene efecto en la variable respuesta.	$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = 0$ $H_a: \alpha_1 \neq \alpha_2 \neq 0$
El factor B tiene efecto en la variable respuesta.	$H_0: \beta_1 = \beta_2 = 0$ $H_a: \beta_1 \neq \beta_2 \neq 0$
La interacción entre el factor A y B tiene efecto en la variable respuesta	$H_0: \alpha\beta_{11} = \alpha\beta_{12} = 0$ $H_a: \alpha\beta_{11} \neq \alpha\beta_{12} \neq 0$

Fuente: Elaboración propia (Montgomery D. , 2004)

### 2.1.3 Modelo

Las observaciones de un experimento factorial son representadas con un modelo lineal en el cual se relacionan los tratamientos y error experimental. A la vez, los tratamientos se encuentran compuestos por cada factor y su respectiva interacción como se observa en la Ecuación 4.

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

$$y_{ij} = \mu + (A + B + AB) + \varepsilon_{ij}$$

Ecuación 4. Modelo diseño factorial 2x2

donde:

$y_{ij}$ : variable respuesta para la observación  $i$  de acuerdo al tratamiento  $j$

$\tau_i$ : tratamiento aplicado a la observación  $i$

$\varepsilon_{ij}$ : error experimental para la observación  $i$  y el tratamiento  $j$

El modelo debe cumplir con los supuestos de normalidad, homogeneidad e independencia de los residuos.

#### 2.1.4 Análisis de varianza

El análisis de varianza se basa en la comparación de las varianzas entre las medias de los grupos y la varianza dentro de los grupos como una manera para determinar si los grupos pertenecen más grande o son poblaciones separadas. (Gutiérrez & de la Vara, 2012)

De acuerdo a Garza (2013), el análisis de varianza debe contemplar algunas consideraciones para su desarrollo:

- Los datos se comportan como normales y es útil para definir el efecto de las variables en el experimento.
- El p-valor es menor a 0,05 con un nivel de confianza del 95%, por ende, las variables tienen un efecto considerable en el modelo.
- Si algún factor no es significativo según éste análisis, la mejor opción es eliminarlo y analizar nuevamente el resultado del modelo.
- Si el factor no presenta un efecto considerable, pero su interacción sí, el factor debe ser incluido en el modelo. Por el contrario, si el factor tiene un efecto relevante, pero sus interacciones no, dichas interacciones pueden ser eliminadas.

En la Tabla 3, se presenta la estructura asociada al análisis de varianza para el diseño factorial 2x2. Los resultados aquí expuestos deben ser considerados a partir de la siguiente notación matemática:

$$SS_A = bn \sum_{i=1}^a (y_{i...} - y_{...})^2$$

Ecuación 5. Suma de cuadrados factor A

$$SS_B = an \sum_{j=1}^b (y_j - y)^2$$

Ecuación 6. Suma de cuadrados factor B

$$SS_{AB} = n \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (y_{ij} - y_i - y_j + y)^2$$

Ecuación 7. Suma de cuadrados interacción factor A y factor B

$$SS_E = n \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n (y_{ijk} - y_i - y_j + y)^2$$

Ecuación 8. Suma de cuadrados error

Donde:

$a$ : número de niveles asociados al factor A

$b$ : número de niveles asociados al factor B

$n$ : número de réplicas utilizadas en el experimento

$i$ : número del nivel del factor A

$j$ : número del nivel del factor B

$k$ : número de la réplica

$y_i$ : promedio de las observaciones bajo el nivel  $i$ -ésimo del factor A

$y_j$ : promedio de las observaciones bajo el nivel  $j$ -ésimo del factor B

$y_{ij}$ : promedio de las observaciones de la interacción  $ij$ -ésimo

$y_{ijk}$ : total de las observaciones

Tabla 3. Tabla de análisis de varianza para el diseño factorial de dos factores, modelo con efectos fijos

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	$F_0$
Tratamiento A	$SS_A$	$a - 1$	$MS_A = \frac{SS_A}{a - 1}$	$F_0 = \frac{MS_A}{MS_E}$
Tratamiento B	$SS_B$	$b - 1$	$MS_B = \frac{SS_B}{b - 1}$	$F_0 = \frac{MS_B}{MS_E}$
Interacción	$SS_{AB}$	$(a - 1)(b - 1)$	$MS_{AB} = \frac{SS_{AB}}{(a - 1)(b - 1)}$	$F_0 = \frac{MS_{AB}}{MS_E}$
Error	$SS_E$	$ab(n - 1)$	$MS_E = \frac{SS_E}{ab(n - 1)}$	
Total	$SS_T$	$abn - 1$		

Fuente: (Montgomery D. , 2004)

## 2.2 DISEÑO FACTORIAL EN BLOQUE

Durante la construcción del diseño de experimentos se pueden detectar factores externos que varían entre las unidades experimentales, generando un aumento significativo en la varianza del error experimental, con lo cual la precisión de los

resultados disminuye. En estos casos, la técnica de formación de bloques permite disminuir y controlar el efecto negativo de tales factores e incrementar la precisión del experimento (Gutiérrez & de la Vara, 2012).

En este sentido, las unidades experimentales que conforman un bloque serán lo más similares posible, permitiendo ser analizadas en condiciones experimentales semejantes, en tanto las unidades experimentales de diferentes bloques presentarán discrepancias, generando resultados diferentes aun cuando compartan un mismo tratamiento. Uno de los requerimientos esenciales para la aplicación de un diseño en bloques, es contar con el número suficiente de unidades experimentales para replicar todos los tratamientos. (Montgomery D. , 2004)

El diseño factorial en bloques aleatorizados permite el control de uno o más factores perturbadores. En este diseño, cada bloque es una réplica completa del experimento y los grupos intra bloque (dentro de cada bloque) se forman al azar.

El análisis de varianza para este diseño guarda una estructura muy similar a la presentada en el diseño factorial 2x2 (Ver Tabla 3), pero en este caso, se incluye la suma de cuadrados de los bloques, la cual es calculada considerando la suma de la diferencia del promedio de las réplicas y el promedio general, como se define en la Ecuación 9. Asimismo, se evidencia que la suma cuadrada del error es reducida por la suma de cuadrados de los bloques como se describe en la Tabla 4. (Montgomery D. , 2004)

$$SS_r = ab \sum_{r=1}^n (\bar{y}_k - \bar{y})^2$$

Ecuación 9. Suma de cuadrados bloques

Donde:

*a*: número de niveles asociados al factor A

*b*: número de niveles asociados al factor B

*n*: número de réplicas utilizadas en el experimento

*k*: número de la réplica

*r*: número de bloques

*y<sub>k</sub>*: promedio de las réplicas

*y*: promedio general

Tabla 4. Análisis de varianza de un diseño factorial de dos factores en bloques completamente aleatorizados

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	$F_0$
Tratamiento A	$SS_A$	$a - 1$	$MS_A = \frac{SS_A}{a - 1}$	$F_0 = \frac{MS_A}{MS_E}$
Tratamiento B	$SS_B$	$b - 1$	$MS_B = \frac{SS_B}{b - 1}$	$F_0 = \frac{MS_B}{MS_E}$
Interacción	$SS_{AB}$	$(a - 1)(b - 1)$	$MS_{AB} = \frac{SS_{AB}}{(a - 1)(b - 1)}$	$F_0 = \frac{MS_{AB}}{MS_E}$
Bloque	$SS_r$	$r - 1$		
Error	$SS_E$	$(ab - 1)(r - 1)$	$MS_E = \frac{SS_E}{(ab - 1)(r - 1)}$	
Total	$SS_T$	$rab - 1$		

Fuente: (Kuehl, 2001)

### 2.3 DISEÑO FACTORIAL EN BLOQUE CON COVARIABLES

El diseño de covarianza combina el análisis de varianza y regresión donde la variable respuesta es cuantitativa y las variables independientes pueden ser cualitativas o cuantitativas. Los principales objetivos de este tipo de diseño son eliminar cualquier error sistemático fuera del control del investigador que puede sesgar los resultados y tener en cuenta las diferencias en las respuestas debidas a las características propias de los encuestados (García, L & Lara, P, 1998).

Kuehl (2001) describe el uso de la covarianza como una técnica para controlar el error y aumentar la precisión, con lo cual los efectos de los tratamientos pueden medirse eliminando, por regresión, ciertos efectos reconocidos que no pueden ser o no han sido controlados efectivamente por el diseño experimental.

La introducción de covariables al diseño factoriales en bloque, suponiendo que existe una relación lineal entre estas y la variable respuesta, conlleva a ampliar el análisis de varianza agregando la regresión lineal identificada (Ver Tabla 5), la suma de cuadrados de la regresión se encuentra formulada por el producto de la diferencia entre las covariables y la media general de estas, y la resta entre los resultados de la variable dependiente y su media general, de acuerdo a los tratamientos y réplicas utilizadas en el experimento, tal como se evidencia en la Ecuación 10 (Montgomery D. , 2004)

$$SS_{xy} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n (x_{ijk} - \bar{x})(y_{ijk} - \bar{y}) = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n \left( x_{ijk} - y_{ijk} - \frac{\bar{(x)}\bar{(y)}}{an} \right)$$

Ecuación 10 Suma de cuadrados regresión

Donde:

$a$ : número de niveles asociados al factor A

$b$ : número de niveles asociados al factor B

$n$ : número de réplicas utilizadas en el experimento

$k$ : número de la réplica

$x_{ijk}$ : medición hecha de la covariables correspondiente a  $y_{ijk}$ :

$\bar{x}$ : media de los valores de la covariables

$y_{ijk}$ : observación  $k$  de la variable respuesta tomada bajo los tratamientos o niveles  $i$  – ésimo y  $j$  – ésimo

$\bar{y}$ : media general

Tabla 5. Análisis de varianza de un diseño factorial de dos factores en bloques completamente aleatorizados con covariable

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	$F_0$
Regresión	$S_{xy}$	1		
Tratamiento A	$SS_A$	$a - 1$	$MS_A = \frac{SS_A}{a - 1}$	$F_0 = \frac{MS_A}{MS_E}$
Tratamiento B	$SS_B$	$b - 1$	$MS_B = \frac{SS_B}{b - 1}$	$F_0 = \frac{MS_B}{MS_E}$
Interacción	$SS_{AB}$	$(a - 1)(b - 1)$	$MS_{AB} = \frac{SS_{AB}}{(a - 1)(b - 1)}$	$F_0 = \frac{MS_{AB}}{MS_E}$
Bloque	$SS_r$	$r - 1$		
Error	$SS_E$	$(n - 1)(ab - 1)(r - 1)$	$MS_E = \frac{SS_E}{(n - 1)(ab - 1)(r - 1)}$	
Total	$SS_T$	$nabr - 1$		

Fuente: (Kuehl, 2001)

### 3. MARCO METODOLÓGICO

El presente estudio busca determinar si existe influencia de las covariables peso y semanas de gestación en el costo de total de un parto para una IPS de tercer nivel en la ciudad de Bogotá, en el periodo de junio a diciembre de 2016. Para ello se estructura un diseño de experimentos factorial apoyado en la formación de bloques y el análisis de covariables a partir de una validación de datos bajo la aplicación de diferentes técnicas de análisis.

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS DE UNIDADES

La población estudio está conformada por las gestantes que ingresaron a la IPS de tercer nivel durante el periodo de junio a diciembre de 2016 en trabajo de parto activo y culminación del mismo sin importar su edad. De la cual, se seleccionaron 343 gestantes como unidades observacionales, es pertinente aclarar que en una primera medición solo se incluyen 313 réplicas dado que contaban con todos los datos necesarios, especialmente, el peso. Luego de corroborar la influencia del peso, la medición se realiza con todas las unidades seleccionadas.

La recolección de los datos se realizó a partir de la depuración de las facturas e historia clínica de las gestantes donde se seleccionaron seis costos básicos: costos por hospitalización, costos de obstetricia, laboratorio clínico, imágenes diagnósticas, medicamentos y dispositivos médicos, y costos derivados de complicaciones presentadas. A la vez, información básica de la paciente como edad, semanas de gestación, peso, tipo de parto y la presencia o ausencia de complicaciones durante el parto.

#### 3.2 DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Considerando las características anatómicas de las gestantes como desarrollo y desgaste óseo (cadera), así como fisiológicas donde la principal característica es diagnosticar un embarazo de alto riesgo por posibilidad de hipertensión arterial (preclamsia y eclampsia) (Guyton & Hall, 2011), en ambos casos el resultado puede llevar a la intervención quirúrgica de la gestante (cesárea).

Por otra parte, las gestantes menores de edad generalmente presentan un parto prolongado por el hecho de ser la primera gestación, lo cual crea una alta probabilidad de recurrir a una cesárea y propiciar condiciones de riesgo de lesiones (episiorafias).

A partir de las anteriores consideraciones, se construyen tres bloques ( $r = 3$ ) de acuerdo a la edad: menores de edad ( $r_1$ ), edad ideal gestacional ( $r_2$ ) y mayores de 33 años ( $r_3$ ), cada una de las unidades observacionales es agrupada en estos bloques, cada bloque al menos está conformado con una réplica por tratamiento.

A la vez, se definió un arreglo de factores 2x2 donde se tuvieron en cuenta el tipo de parto y la posibilidad de complicación durante este. Para efectos del presente estudio, estos factores y sus respectivos niveles se definen como:

*A*: Tipo de parto  
 $a_1$  Normal  
 $a_2$ : Cesárea  
*B*: Complicación  
 $b_1$ : Presencia  
 $b_2$ : Ausencia

En cuanto a los tratamientos, se identificaron las siguientes combinaciones:

$a_1b_1$ : parto normal con presencia de complicaciones  
 $a_1b_2$ : parto normal con ausencia de complicaciones  
 $a_2b_1$ : cesárea con presencia de complicaciones  
 $a_2b_2$ : cesárea con ausencia de complicaciones

Finalmente, se contemplaron dos covariables que pueden tener efecto en los costos ( $y_{ij}$ ) asociados al parto:

$x_1$ : peso de la gestante  
 $x_2$ : semanas de gestación

En cuanto a los costos totales se calcularon a partir de la sumatoria de seis variables: costos por hospitalización, costos-obstetricia, laboratorio, imágenes diagnósticas, medicamentos y dispositivos médicos, y costos derivados de complicaciones presentadas. En la Tabla 6 se describe a detalle los componentes de cada variable.

Tabla 6. Componentes de los sub-costos asociados al parto

<b>Variables</b>	<b>Componentes</b>
Costos por hospitalización	Alimentación, limpieza de la habitación, camillas utilizadas
Costos-obstetricia	Profesionales de la salud
Laboratorio	Pruebas de sangre o específicas requeridas por el estado de la gestante.
Imágenes diagnósticas	Ecografías
Medicamentos y dispositivos médicos	Medicamentos: Anestesia, oxitocina, acetaminofén, antibiótico. Dispositivos médicos: gasas, jeringas, equipo macro
Complicaciones	Preclamsia, eclampsia banco de sangre, interconsulta por ginecología.

Fuente: Elaboración propia

En este orden de ideas, se determina el modelo a evaluar como se observa en la Ecuación 11

$$y = \mu + (A + B + AB) + r + \beta_1(x_1 - \bar{x}) + \beta_2(x_2 - \bar{x}) + \varepsilon_{ij}$$

Ecuación 11. Modelo Costos totales de un parto con dos factores en bloque y dos covariables

Los costos calculados en pesos para atender un parto de acuerdo a los datos recopilados de las 343 mujeres, se evidencian en la Tabla 7.

Tabla 7. Costos totales relacionados a un parto clasificado en tres edades según tipo de parto y complicaciones

Complicación (B)	Tipo de parto (A)			
	Natural (a <sub>1</sub> )		Cesárea (a <sub>2</sub> )	
	Presencia (b <sub>1</sub> )	Ausencia (b <sub>2</sub> )	Presencia (b <sub>1</sub> )	Ausencia (b <sub>2</sub> )
Edad de la gestante (r)				
Menor de edad (r <sub>1</sub> )	\$5.355.402	\$5.821.702	\$2.902.630	\$15.169.954
Edad ideal gestacional (r <sub>2</sub> )	\$26.964.019	\$66.950.202	\$57.272.500	\$67.906.734
Alto riesgo (r <sub>3</sub> )	\$11.165.440	\$23.160.378	\$12.523.111	\$14.204.387

Fuente: Elaboración propia

### 3.3 HIPÓTESIS

Desde la teoría y práctica en el campo de la salud, puede presumirse una relación directa entre las variables peso y semanas de gestación (Covariables), y los costos asociados a un parto (variable dependiente). Dado que a medida que la gestante cuenta con un peso no proporcional a su altura, este puede afectar de forma negativa el parto y conllevar a complicaciones que propicien tratamientos o procesos adicionales que eleven el costo total del parto.

Por otra parte, si el periodo de gestación es menor a 38 semanas (tiempo mínimo) o superior a 40 semanas (tiempo máximo), el parto puede presentar complicaciones que incrementan los costos del procedimiento. En este sentido, se presume que las covariables influyen en el costo total, esta afirmación se refleja en las Ecuación 12 y Ecuación 13:

$$H_0: \beta_1 = 0$$

$$H_a: \beta_1 \neq 0$$

Ecuación 12. Hipótesis covariable peso

$$H_0: \beta_2 = 0$$

$$H_a: \beta_2 \neq 0$$

Ecuación 13. Hipótesis covariable semanas de gestación

Donde  $\beta$  es el coeficiente que acompaña a cada covariables, el cual se espera sea diferente a cero y se confirme relación lineal con el modelo.

### 3.4 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS

Con el fin de cumplir con el objetivo principal de este estudio se efectuarán tres grandes técnicas de análisis estadísticos: correlación entre la variable dependiente y las covariables, análisis de covarianza y la validación de supuestos para el modelo definido.

#### 3.4.1 Correlación entre la variable dependiente y covariables

El análisis de correlación se lleva a cabo con el fin de identificar el grado de asociación entre dos variables dependientes una de la otra. La correlación es un indicador estadístico definido por el coeficiente de correlación cuyo valor oscila entre -1 y 1. El primer valor significa que existe una correlación perfecta e inversa, mientras el segundo valor se asocia a una correlación perfecta y directa. (Pedroza & Dicovsky, 2007).

Para el presente estudio, la correlación tanto del peso de la gestante como las semanas de gestación (covariables) y los costos de un parto (variable dependiente) será evaluada desde la experiencia de los investigadores, por ende, no se define un coeficiente puntual. Para ello, se realiza el análisis gráfico de un diagrama de dispersión y el análisis estadístico de la matriz de correlación.

#### 3.4.2 Análisis de varianza o ANOVA

El análisis de covarianza combina la metodología de regresión con el análisis de varianza, con el propósito de evaluar la influencia de la covariada sobre la variable dependiente (su inclusión en el modelo permite disminuir la varianza del error experimental) y comparar tratamientos con una base común relativa a los valores de las covariables. (Montgomery D. , 2004)

Considerando los resultados del análisis de correlación, se evalúa la inclusión o no de las covariables en el modelo, a partir de esto se calcula el análisis de covarianza de acuerdo a la estructura descrita en la Tabla 5. El análisis de varianza permite identificar el cumplimiento o no de los supuestos del modelo y la pertinencia de los tratamientos.

#### 3.4.3 Validación de supuestos

La validación de supuestos se encuentra dividida en dos partes: una general que incluye pruebas de normalidad y homogeneidad, y una específica que evalúa la independencia entre la covariable y el tratamiento, prueba de linealidad y

heterogeneidad de tratamientos y bloques. Cada una de las pruebas está acompañada por la combinación del estudio gráfico y analítico, permitiendo un análisis más robusto del modelo.

#### 3.4.3.1 Normalidad

El supuesto de normalidad es evaluado a partir de la gráfica de distribución de los residuos y la línea de los valores estimados, la cual permite presumir el comportamiento normal o no de los datos. A la vez, teniendo en cuenta que las réplicas utilizadas para este estudio son superiores a 50 réplicas, se realiza la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

El nivel de significancia determinado para esta prueba es  $\alpha = 0,05$ , por ende la hipótesis está dada por:

$$H_0: x \sim N(\mu, \sigma^2)$$

$$H_a: x \not\sim N(\mu, \sigma^2)$$

Ecuación 14. Hipótesis para prueba de normalidad

Si la hipótesis nula no es rechazada ( $p - \text{valor} > \alpha$ ), se concluye que el modelo cumple con el supuesto de normalidad.

#### 3.4.3.2 Homogeneidad

En cuanto al análisis de homogeneidad de varianzas, la gráfica de la prueba de igualdad de varianzas donde se relacionan los residuos y los tratamientos presenta una visión general de la posible igualdad entre las varianzas, la cual se confirma con la aplicación de la prueba Levene, la cual es más robusta que el procedimiento de Barlett, ya que es poco sensible a la desviación de la normalidad. (Gutiérrez & de la Vara, 2012)

Si los datos tienen una distribución normal, de acuerdo a la prueba Kolmogorov-Smirnov, la prueba de Levene debe ser calculada a partir de la media de los datos; en caso contrario, se aconseja manejar la mediana porque disminuye las alteraciones que puedan causar datos extremos. La hipótesis para este supuesto bajo una significancia de  $\alpha = 0,05$ , está dada por:

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_a: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

Ecuación 15. Hipótesis para prueba de homogeneidad

Si la hipótesis nula no es rechazada ( $p - \text{valor} > \alpha$ ), se concluye que el modelo cumple con el supuesto de homogeneidad.

Considerando la posibilidad de que el modelo no cumpla con el supuesto de homogeneidad, se contempla la aplicación de la prueba Kruskal-Wallis, la cual

consiste en la suma de rangos para el caso de  $k > 2$ . La prueba es un procedimiento paramétrico para probar la igualdad de las medias en el análisis de varianza factorial cuando se desea evitar la suposición de que datos fueron obtenidos de poblaciones normales.

#### 3.4.3.3 Independencia de residuos

Uno de los supuestos que debe cumplir el modelo es la falta de dependencia entre los residuos, para ello, se compara el p-valor obtenido en la tabla de análisis de varianza para los tratamientos y se contrarresta con el nivel de significancia elegido, en este caso  $\alpha = 0,05$ . A partir de esto, se define la prueba hipótesis:

$$H_0: \rho_1 = \rho_2$$

$$H_a: \rho_1 \neq \rho_2$$

Ecuación 16. Hipótesis para el supuesto de independencia entre covariable y tratamiento

Si la hipótesis nula no es rechazada ( $p - \text{valor} > \alpha$ ), la covariable y los tratamientos son independientes, cumpliendo con el supuesto.

#### 3.4.3.4 Prueba de linealidad

La prueba de linealidad permite definir si las covariables y el tratamiento presentan una relación lineal. Para ello, se examina la tabla de análisis de varianza, identificando el p-valor correspondiente a cada covariable y comparándolo con el nivel de significancia especificado, para este estudio  $\alpha = 0,05$  y la prueba de hipótesis se establecen como:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2$$

$$H_a: \beta_1 \neq \beta_2$$

Ecuación 17. Hipótesis para prueba de linealidad

Si la hipótesis nula es rechazada ( $p - \text{valor} > \alpha$ ), se presume que el modelo cumple con el supuesto de linealidad.

#### 3.4.3.5 Heterogeneidad de tratamientos

Con el fin de evaluar la pertinencia de los tratamientos, es decir el resultado de efectos diferentes en el modelo, se aplica la prueba de Tuckey que a través de una gráfica permite identificar si existe igualdad entre dos tratamientos. De igual modo, esta prueba proporciona la tabla de comparaciones por parejas, donde se puede evidenciar el efecto medio de los tratamientos sobre la variable dependiente.

Finalmente, se aprecia el p-valor asociado a la prueba F para los tratamientos en el análisis de varianza. Con una significancia de  $\alpha = 0,05$ , la formulación de la prueba de hipótesis se describe en la Ecuación 18.

$$H_0: A = B$$

$$H_a: A \neq B$$

Ecuación 18. Hipótesis para prueba de heterogeneidad de tratamientos

Si la hipótesis nula es rechazada ( $p - \text{valor} > \alpha$ ), se determina que los tratamientos producen efectos diferentes en el modelo y son pertinentes para el análisis.



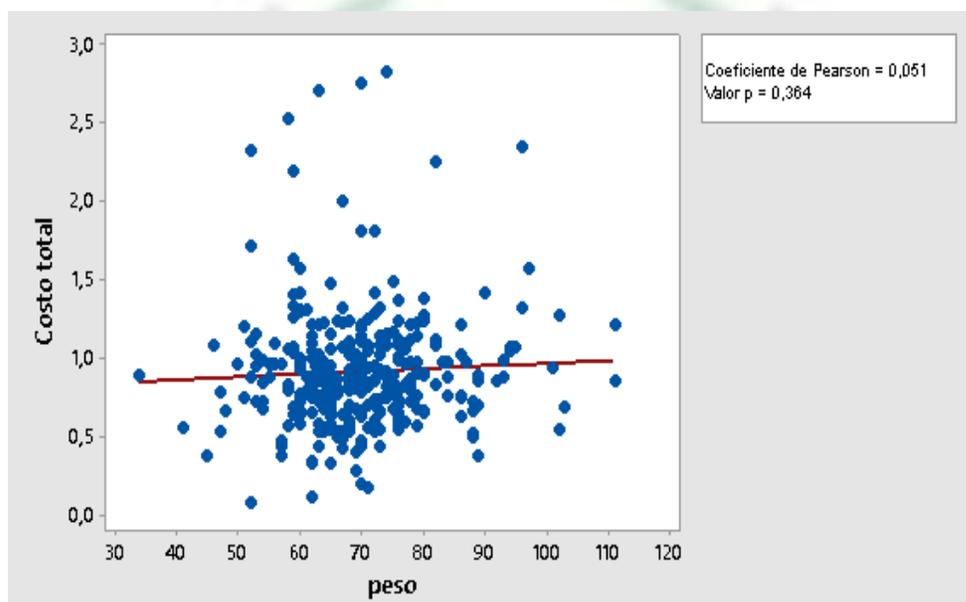
## 4. ANÁLISIS Y RESULTADOS

En el presente capítulo se exponen los resultados obtenidos del procesamiento de datos de 343 gestantes atendidas en una IPS de tercer nivel en la ciudad de Bogotá en el segundo semestre de 2016. El procesamiento de datos es realizado con software estadístico Minitab 17®.

### 4.1. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN CON COVARIABLES

Con el fin de determinar la correlación de las covariables peso y semanas de gestación y el costo del parto, se calcula el coeficiente de Pearson con 313 réplicas, es pertinente aclarar que el número de réplicas disminuye al inicialmente planteado considerando los datos completos aportados por la IPS, especialmente el peso.

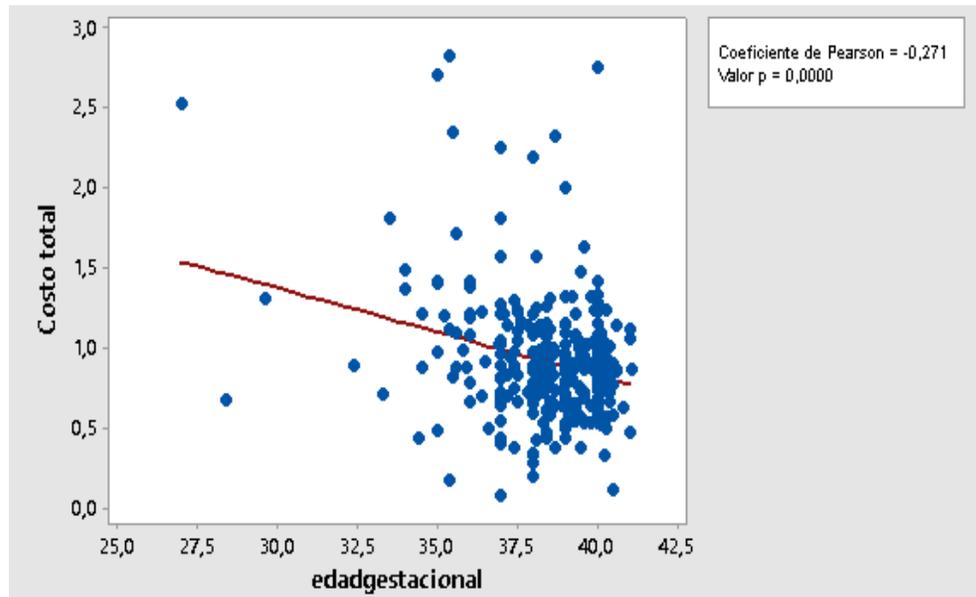
Gráfica 1. Correlación Costo total - peso



En la Gráfica 1 se observan una alta dispersión respecto a la línea ajustada, por lo cual se presume que las variables no están correlacionadas, no es posible establecer ningún sentido de covariación.

El coeficiente de Pearson calculado para los datos es igual a 0,051 con un p-valor de 0,364, lo cual confirma lo expuesto en el análisis gráfico. En consecuencia, el peso no es una covariable que intervenga en el comportamiento del costo total de un parto, por ende, no será incluido en el modelo.

Gráfica 2. Correlación Costo total – semanas de gestación



En la Gráfica 2 se observar una correlación negativa entre el costo total y las semanas de gestación, lo cual es respaldado con un coeficiente de Pearson igual a -0,271 con un p-valor de 0,000. Si bien es una correlación baja, la naturaleza de los datos permite presumir que existe una relación inversa influyente entre las variables. Por lo tanto, esta covariable será incluida en el modelo.

#### 4.2 DISEÑO FACTORIAL 2X2 EN BLOQUES CON COVARIABLE

##### 4.2.1 Análisis de varianza factorial 2x2 en bloques con covariable

Considerando los resultados encontrados en el análisis de correlación, únicamente es incorporada las semanas de gestación en el modelo. Por ende, el análisis de varianza está dado por los bloques (edades), una covariable y dos factores (tipo de parto y complicaciones).

En la Tabla 8 se observa que la técnica de formación de bloques para este diseño no es pertinente al contar con un p-valor de 0,058, es decir, que la edad de las gestante (menor de edad, edad gestacional ideal y mayores de 33 años tienen el mismo efecto en los costos totales).

En cuanto a los factores, al ser el p-valor menor a 0,05 se rechaza la hipótesis nula, por lo cual, tanto el tipo de parto como las complicaciones y su interacción, no presenta el mismo efecto medio y aportan al modelo.

Tabla 8. Análisis de varianza diseño factorial 2x2 en bloques con covariable

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados ajustado	Cuadrados medios ajustados	Valor F	p-valor
Modelo	6	15,1735	2,52892	26,15	0,000
Covariable	1	1,4614	1,4614	15,11	0,000
Semanas de gestación	1	1,4614	1,4616	15,11	0,000
Bloques	2	0,5546	0,27730	2,87	<b>0,058</b>
Lineal	2	11,0043	5,50213	56,89	0,000
Tipo de parto	1	9,6928	9,69279	100,21	0,000
Complicaciones	1	1,1866	11,18663	12,27	0,000
Interacciones de 2 términos	1	1,7876	1,7876	17,74	0,000
Tipo de parto*complicaciones	1	1,7876	1,7876	17,74	0,000
Error	336	33,9603	0,09672		
Total	342	47,6724			

Dado el anterior análisis, los bloques son eliminados del modelo. En la Tabla 9 se observa que tanto las semanas de gestación como los factores presentan un valor p menor a 0,05, por ende, tiene efecto en el modelo planteado.

Tabla 9. Análisis de varianza diseño factorial 2x2 con covariable

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados ajustado	Cuadrados medios ajustados	Valor F	p-valor
Modelo	4	14,619	3,6547	37,37	0,000
Covariable	1	1,449	1,4487	14,81	0,000
Semanas de gestación	1	1,449	1,4487	14,81	0,000
Lineal	2	11,295	5,6474	57,75	0,000
Tipo de parto	1	10,029	10,0287	102,55	0,000
Complicaciones	1	1,146	1,1462	11,72	0,001
Interacciones de 2 términos	1	1,474	1,4736	15,07	0,000
Tipo de parto*complicaciones	1	1,474	1,4736	15,07	0,000
Error	338	33,05	0,0978		
Total	342	47,672			

#### 4.2.2 Validación del modelo

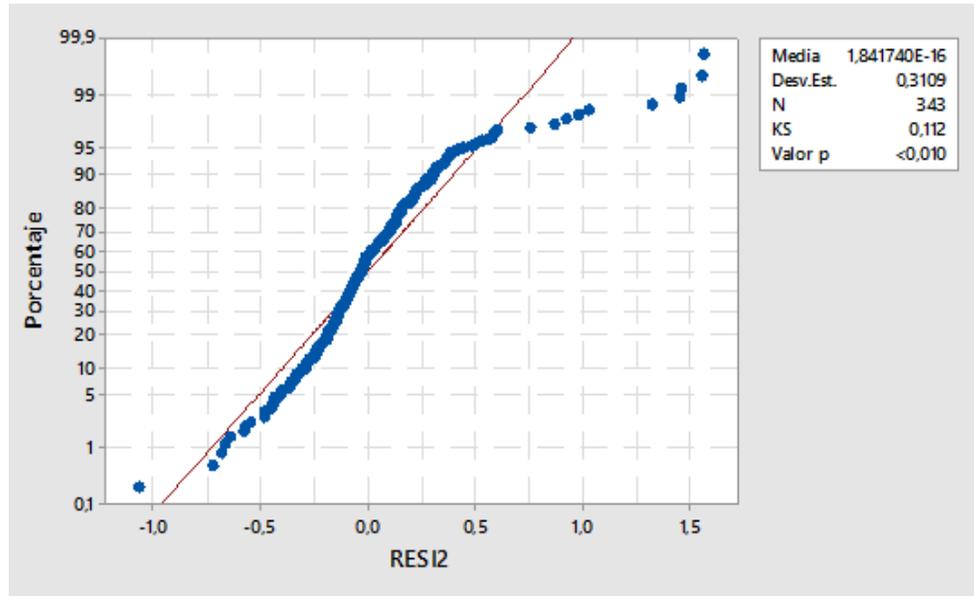
La validación del modelo se efectúa las pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov, prueba de Levene y análisis gráfico de residuos vs orden.

##### 4.2.2.1 Prueba de normalidad

La prueba de normalidad se encuentra definida por la Ecuación 14 expuesta en la sección 3.4.3 Validación de supuestos, a partir de esta se realiza la prueba de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados se observan en la Gráfica 3. Los residuos no se ajustan a la normal y presentan datos atípicos que generan ruido en el modelo.

Asimismo, el p-valor obtenido en la prueba de normalidad es menor a 0,05 por lo cual se rechaza la hipótesis y se confirma que el modelo no se ajusta a la normal.

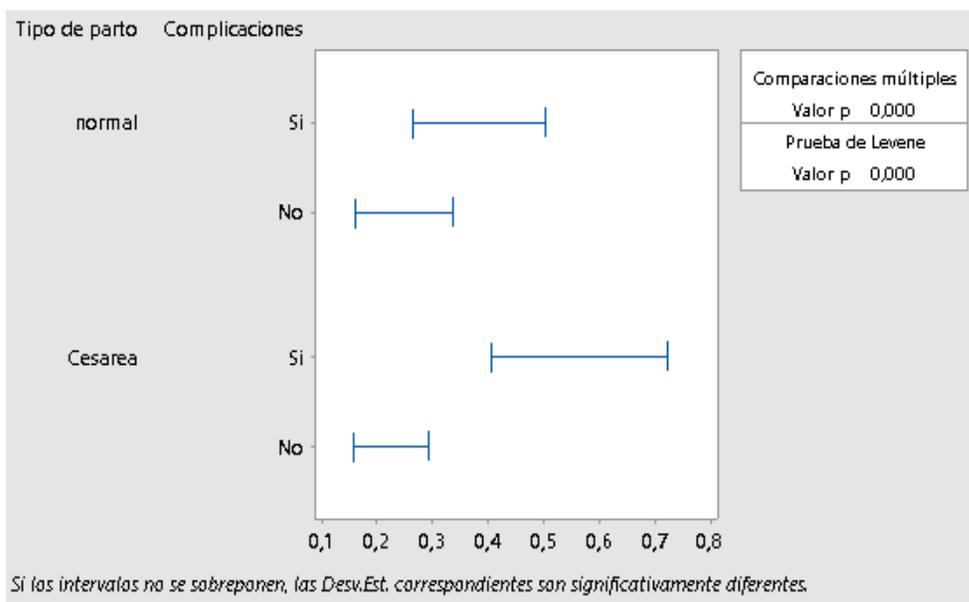
Gráfica 3. Gráfica de probabilidad de residuos - Normal



#### 4.2.2.2 Prueba de igualdad de varianzas

Con el fin de comprobar la homogeneidad de las varianzas, se lleva a cabo la prueba de Levene bajo la prueba de hipótesis establecida en la Ecuación 15 de la sección 3.4.3.2 Homogeneidad. Por la cual, no se cumple con el supuesto dado que el p-valor es menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que la varianza entre factores no es igual (Ver *Gráfica 4*)

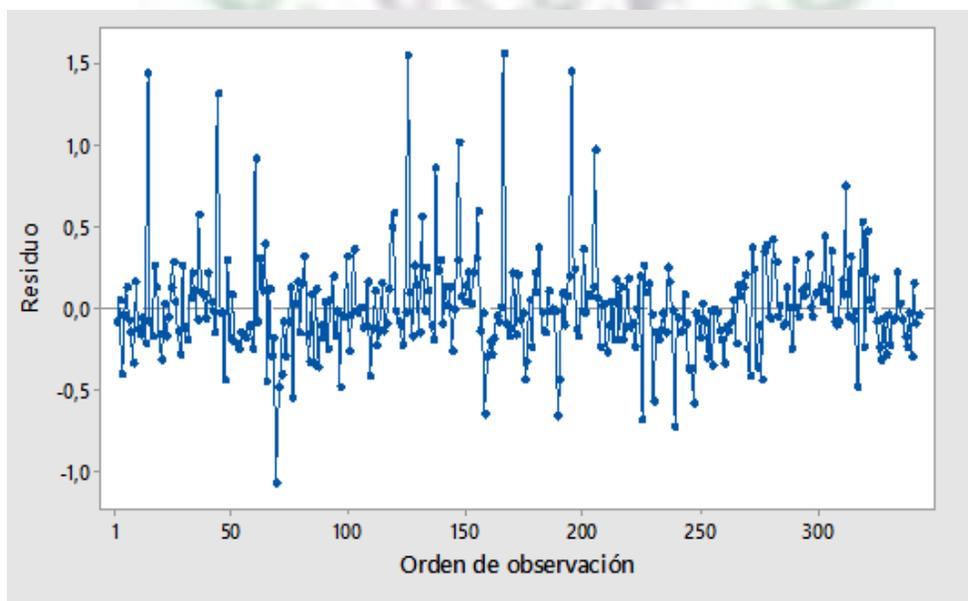
Gráfica 4. Prueba de igualdad de varianzas: Residuos vs Tipo de parto, Complicaciones



#### 4.2.2.3 Prueba de independencia

En la Gráfica 5 se evidencia que los residuos no siguen un patrón definido, de tal manera que los errores son independientes entre sí.

Gráfica 5. Residuos vs orden



### 4.3 TRANSFORMACIÓN DE DATOS

Se hace necesario la transformación de datos ante la falta de cumplimiento de los supuestos de normalidad e igualdad de varianza. Para ello, se calcula la media y desviación de cada tratamiento, en este caso, la formación de 4 combinaciones: parto normal con complicaciones (PNC), parto normal sin complicaciones (PNS), cesárea con complicaciones (CC) y cesárea sin complicaciones (CS). A estos valores se les mide logaritmos, para finalmente estimar una regresión donde la variable dependiente sea la desviación y la variable independiente la media.

Tabla 10. Cálculos para transformación de datos

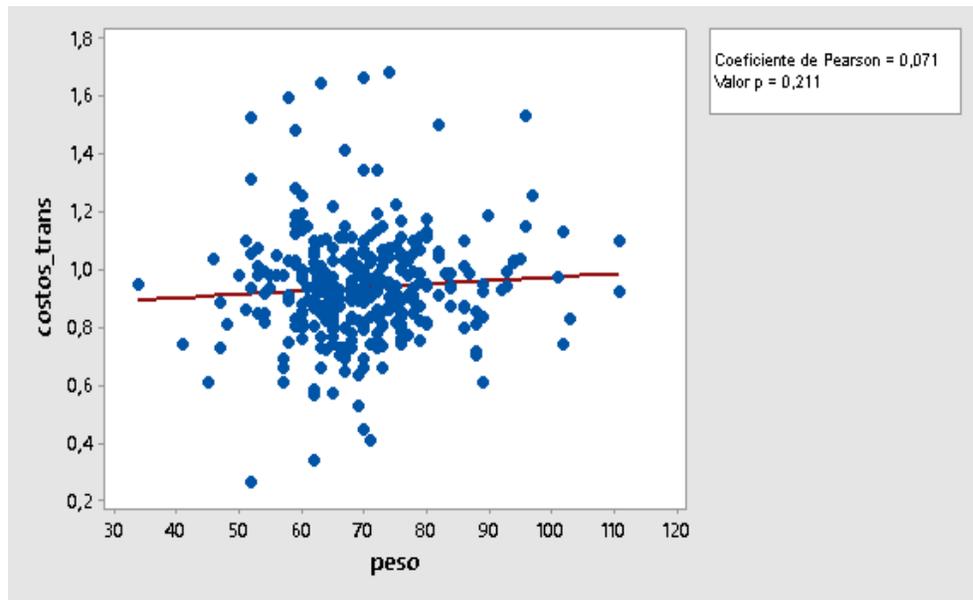
Medida/Tratamiento	Media	Logaritmo	Desviación	Logaritmo
PNC	749.739	5,87	350.669	5,54
PNS	743.661	5,87	235.813	5,37
CC	1.275.408	6,11	531.921	5,73
CS	982.637	5,99	215.011	5,33

Como resultado de la regresión, el coeficiente que acompaña la variable independiente es igual a 0,4095, aplicando la fórmula de determinante de transformación, el valor a tener en cuenta para la transformación es 0,5905. Considerando la transformación en la escalera de exponentes de exponentes (Kuehl O, 2001), se aplica la raíz cuadrada a la variable respuesta. Con estos nuevos datos se ejecuta el modelo completo, incluye covariables y bloques.

#### 4.3.1 Análisis de correlación con covariables

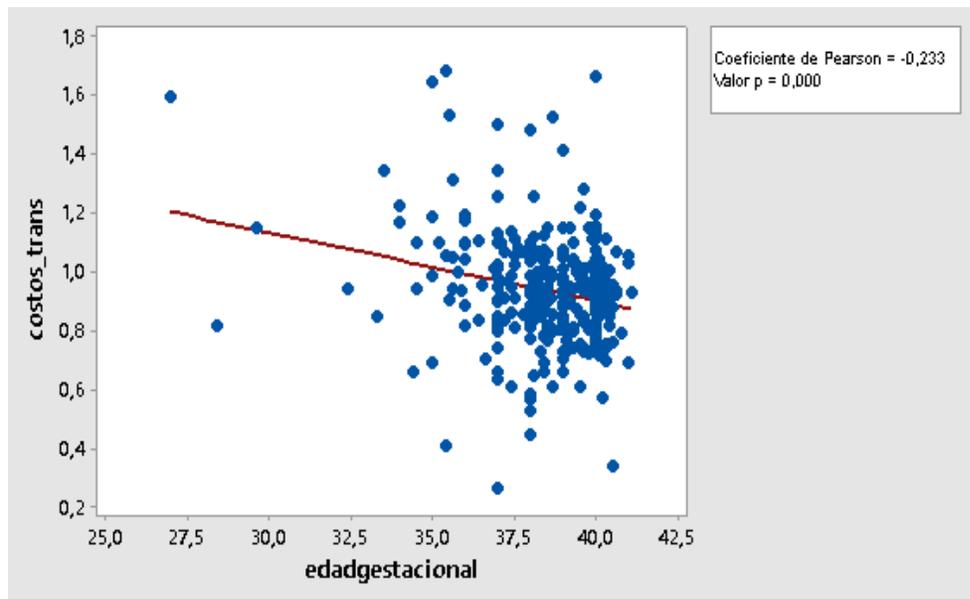
En la Gráfica 6 se observa que la pendiente de la línea ajustada se modifica levemente con respecto a la evidenciada en la Gráfica 1, sin embargo, se continua sin identificar una relación entre el costo total y el peso de 313 réplicas analizadas. A la vez, el coeficiente de Pearson es muy bajo (0,071) corroborando la no correlación de las variables.

Gráfica 6. Correlación Costo transformado - peso



En cuanto a las semanas de gestación, el sentido de la correlación cambia con respecto al presentado en la Gráfica 2, observándose una baja correlación positiva (-0,233). Sin embargo, por la naturaleza de los datos, la covariable continuará siendo incluida en el modelo.

Gráfica 7. Correlación Costo total transformado – semanas de gestación



#### 4.3.2 Diseño factorial 2x2 en bloques transformado

##### 4.3.2.1 Análisis de varianza diseño factorial 2x2 en bloques transformado con covariable

En congruencia con los resultados obtenidos en el análisis de correlación, la covariable semanas de gestación es incluida en el modelo. Por ende, el análisis de varianza está dado por los bloques (edades), la covariable indicada, dos factores (tipo de parto y complicaciones) y el costo total ajustado a la transformación definida.

En el análisis de varianza (Ver Tabla 11) se observa que la técnica de formación de bloques para este diseño, luego de la transformación de datos, es pertinente al contar con un p-valor menor al 0,05, es decir, que la edad de las gestante (menor de edad, edad gestacional ideal y mayores de 33 años no tienen el mismo efecto en los costos totales. A la vez, la covariable semanas de gestación presenta un valor p menor a 0,05, por ende, influye en la variable dependiente.

Por otra parte, tanto el factor tipo de parto como complicaciones tienen un efecto medio alto en el modelo con un valor-p inferior al 0,05. En sentido los dos factores influyen el costo total de un parto.

Tabla 11. Análisis de varianza diseño factorial 2x2 en bloques transformado

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados ajustado	Cuadrados medios ajustados	Valor F	p-valor
Modelo	6	3,6944	0,61573	25,49	0,000
Covariable	1	0,2459	0,24592	10,36	0,000
Semanas de gestación	1	0,2459	0,2459	10,36	0,000
Bloques	2	0,1455	0,07272	3,06	0,048
Lineal	2	2,8569	1,42980	60,24	0,000
Tipo de parto	1	2,6749	2,67491	112,69	0,000
Complicaciones	1	0,1603	0,16034	6,76	0,010
Interacciones de 2 términos	1	0,3676	0,36762	15,49	0,000
Tipo de parto*complicaciones	1	0,3676	0,36762	15,49	0,000
Error	336	7,9753	0,02374		
Total	342	11,6697			

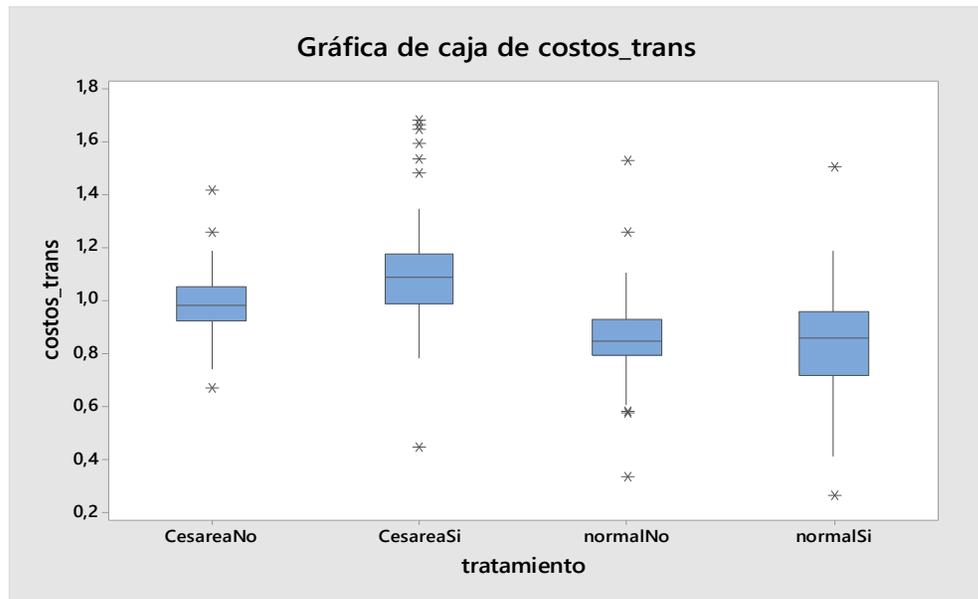
#### 4.3.3 Validación del modelo

Considerando los antecedentes encontrados en las gráficas preliminares, antes de la validación del modelo se realizará un análisis gráfico del comportamiento de los tratamientos.

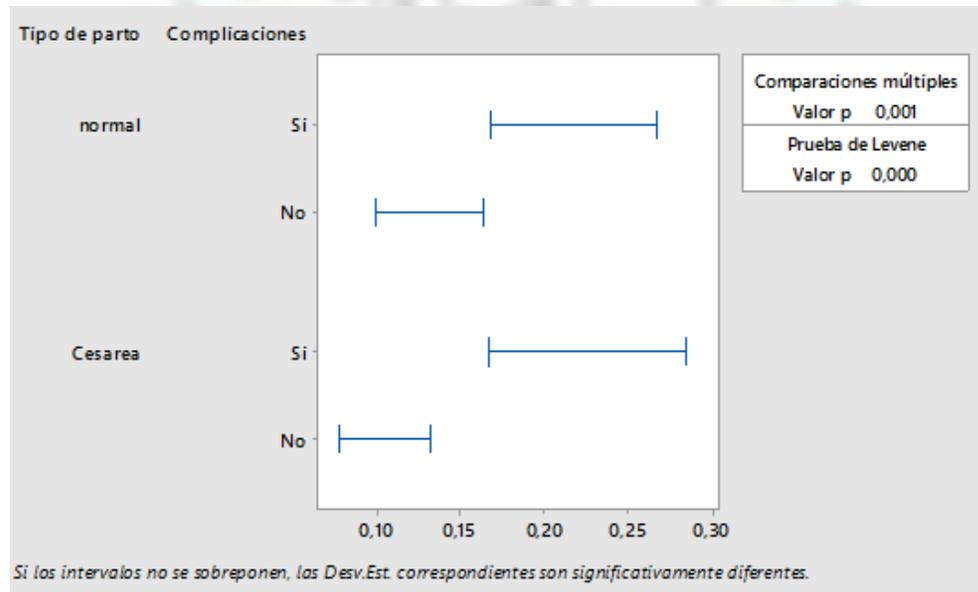
##### 4.3.3.1 Análisis gráfico del comportamiento de los tratamientos

En la Gráfica 8 se evidencia que cada uno de los tratamientos cuenta con datos atípicos y distribución no simétrica, lo cual permite inferir que los residuos no se ajustan a la normal y tampoco cumplan con igualdad de varianzas (Ver Gráfica 9). Por lo tanto, la validación del supuesto de normalidad no será aplicada.

Gráfica 8. Caja de tratamientos



Gráfica 9. Prueba de Levene - datos transformados



Considerando que los supuestos de normalidad e igualdad de varianza no se cumple, al contar con diferentes datos atípicos por la naturaleza de los mismos, se aplica la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis que utiliza las medianas, evitando la intervención de datos extremos, para ello se plantea la prueba de hipótesis descrita en la Ecuación 19.

$$H_0: m_{e1} = m_{e2} = m_{e3} = m_{e4}$$

$$H_a: m_{e1} \neq m_{e2} \neq m_{e3} \neq m_{e4}$$

Ecuación 19. Hipótesis para prueba Kruskal-Wallis

#### 4.3.3.2 Prueba de Kruskal-Wallis

Con la aplicación de la prueba Kruskal-Wallis a un nivel de significancia 0,05 se comprueba que las medianas de los tratamientos son diferentes, en ese caso los tratamientos cesárea con complicaciones y cesárea sin complicaciones son superiores en 0,323 y 0,103, por lo tanto, el tipo de parto cesárea influye en mayor medida en el incremento del costo total de un parto (Ver Tabla 12)

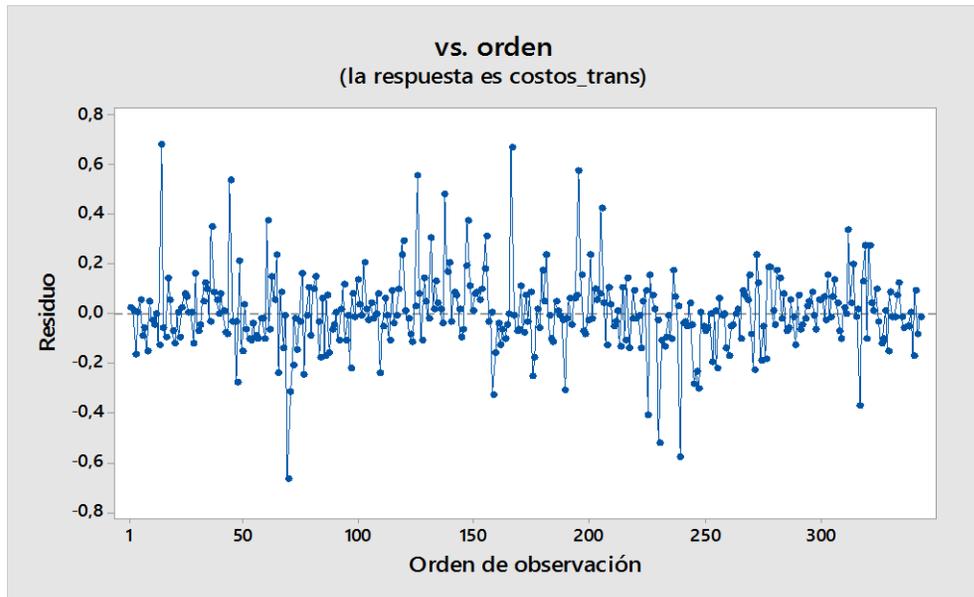
Tabla 12. Prueba de Kruskal-Wallis

Tratamiento	N	Mediana	Clasificación del promedio	Z
Cesárea sin complicaciones	99	0,9808	216,9	5,35
Cesárea con complicaciones	57	1,0871	262,8	7,57
Normal con complicaciones	129	0,8437	118,3	-7,79
Normal sin complicaciones	58	0,8581	125,6	-3,91
General	343			
H = 118,69		GL= 3		P = 0,000
Mediana general = 0,859				

#### 4.3.3.3 Prueba de independencia

En la Gráfica 10 se evidencia que los residuos no siguen un patrón definido, de tal manera que los errores son independientes entre sí.

Gráfica 10. Supuesto de independencia - datos transformados



## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se determinó que la covariable peso no tiene influencia en los costos totales (valor p 0,211) mientras las semanas de gestación si tienen influencia en el costo total de un parto para una IPS de tercer nivel en el periodo junio - diciembre de 2016 considerando rangos de edades y factores, teniendo en cuenta el valor p obtenido en el análisis de correlación (menor a 0,05). Es pertinente aclarar que estos resultados son obtenidos ante la transformación de datos.
- Se definió que la formación de bloques por edades (menores de edad, edad ideal y mayores de 33 años) para este estudio si es pertinente, puesto que el valor p encontrado en el análisis de varianza para el diseño factorial en bloques transformado es inferior a 0,05 (0,048). Por lo cual, la edad de la gestante si influye en los costos del parto, dado que, en edades extremas, menores de edad o mayores de 33 años, existe mayor riesgo de complicaciones durante el parto.
- Se identificó que el factor complicaciones es relevante para el costo total del parto considerando que en el análisis de varianza para el diseño factorial en bloques transformado es inferior a 0,05 (0,001). A la vez, el tipo de parto (normal y cesárea) tiene un efecto importante en el costo del parto, se evidencia en un valor p menor a 0,05 (0,000). Podría considerarse que el tiempo de parto, el número de gestaciones y antecedentes personales puede influir en la cantidad de recursos utilizados para el proceso e incrementar los costos.
- Se estableció que el diseño factorial en bloques con múltiples covariables no es adecuado para este estudio, considerando la naturaleza de los datos. Por lo tanto, las diferentes pruebas y análisis evidenciaron la pertinencia de aplicar un diseño factorial en bloques con una covariable aplicando transformación de datos.
- Se comprueba que los costos asociados a los tratamientos cesárea con y sin complicaciones son superiores a la mediana de los costos totales. En cuanto a los costos relacionados con el parto normal con y sin complicaciones solo se encuentran 0,0153 y 0,009 puntos por debajo de la mediana de los costos totales, respectivamente.
- Se sugiere tener en cuentas otras variables para el desarrollo del estudio tales como: número de gestaciones, tiempo del parto, antecedentes médicos y seguimiento del embarazo (número de controles) para determinar su influencia en el costo total del parto.
- Se recomienda replicar este estudio en diferentes IPS de otras ciudades, considerando que el estilo de vida o las condiciones socio-económicas-culturales a las que se exponen las gestantes pueden afectar en los resultados.

## ANEXOS

### ANEXO 1: AJUSTE DEL MODELO POR CRITERIO DE OBSERVACIONES POCO COMUNES

Como ejercicio aplicativo se desarrolla el diseño de experimentos factorial 2x2 en bloques con covariable – transformado sin tener en cuenta 25 observaciones no comunes identificadas en la Tabla 13.

Tabla 13. Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Observación	Costos_trans	Ajustes	Residuales	Residuales est.	Dato atípico	Punto de apalancamiento
14	1,4966	0,8363	0,6603	4,35	R	
36	1,1854	0,8741	0,3113	2,05	R	
44	1,6410	1,1488	0,4922	3,23	R	
60	1,4783	1,1051	0,3732	2,44	R	
65	0,6569	0,9591	-0,3022	-2,02	R	
69	0,4393	1,1051	-0,6657	-4,36	R	
70	0,5208	0,8449	-0,3241	-2,12	R	
100	1,1413	1,2276	-0,0863	-0,58		X
119	1,1298	0,8157	0,3141	2,06	R	
125	1,6580	1,0759	0,5821	3,82	R	
137	1,5878	1,2655	0,3223	2,23	R	X
147	1,4104	1,0351	0,3753	2,48	R	
155	1,1466	0,8274	0,3192	2,09	R	
158	0,7774	1,0993	-0,3218	-2,11	R	
166	1,5205	0,8584	0,6620	4,32	R	
189	0,7956	1,1197	-0,3241	-2,12	R	
190	0,8145	0,9849	-0,1704	-1,17		X
195	1,6766	1,1430	0,5336	3,50	R	
205	1,5274	1,1415	0,3858	2,53	R	
225	0,4067	0,8597	-0,4529	-2,99	R	
230	0,3325	0,8322	-0,4997	-3,26	R	
239	0,2589	0,8595	-0,6006	-3,94	R	
307	0,9375	0,9882	-0,0507	-0,34		X
312	1,2499	0,9449	0,3050	2,03	R	
317	0,6640	1,0205	-0,3565	-2,36	R	

Ante este ajuste, en la Tabla 14 se evidencia que todas las fuentes tienen efecto sobre el costo total de un parto a una significancia 0,01. Por lo tanto, la eliminación de estos datos aumenta la confiabilidad de los bloques definidos por edades.

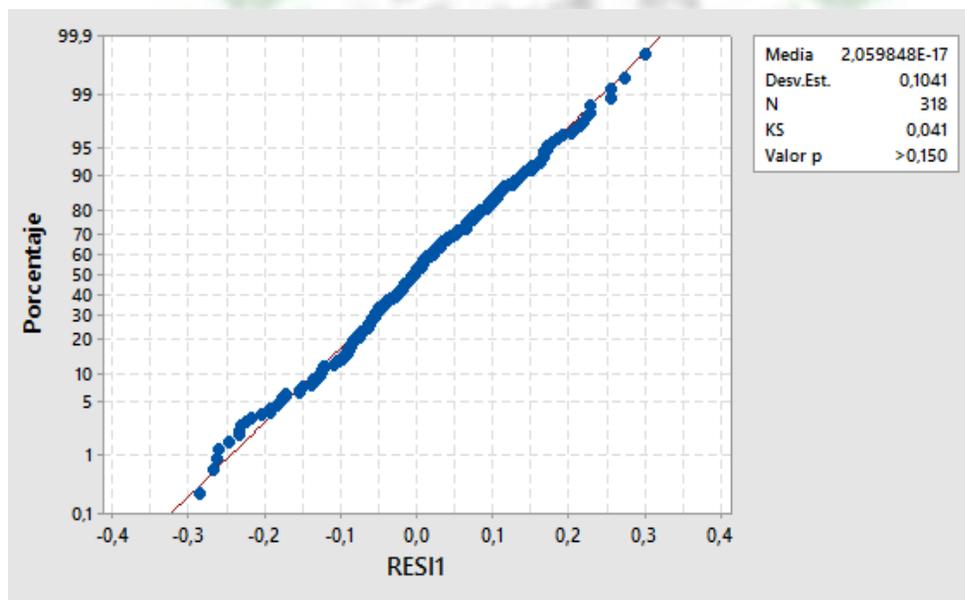
Tabla 14. Análisis de varianza diseño factorial en bloque con covariable - transformado sin atípicos

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados ajustado	Cuadrados medios ajustados	Valor F	p-valor
Modelo	6	2,64376	0,44063	39,92	0,000
Covariable	1	0,09145	0,09145	8,29	0,004
Semanas de gestación	1	0,09145	0,09145	8,29	0,004
Bloques	2	0,12398	0,06199	5,62	0,004
Lineal	2	2,13435	1,06718	96,69	0,000
Tipo de parto	1	2,01158	2,01158	182,25	0,000
Complicaciones	1	0,09803	0,09803	8,88	0,003
Interacciones de 2 términos	1	0,17797	0,17797	16,12	0,000
Tipo de parto*complicaciones	1	0,17797	0,17797	16,12	0,000
Error	311	3,43269	0,01104		
Total	317	6,07645			

Para la validación del modelo se contemplan las pruebas de Kolmogorov-Smirnov (normalidad), Levene (homogeneidad) y análisis gráfico residuos vs orden.

En la Gráfica 11, se observa que el valor p obtenido para la prueba de Kolmogorov-Smirnov es superior a 0,05. Por lo cual, los residuos del modelo se ajustan a la normal, tal como se observa en la gráfica.

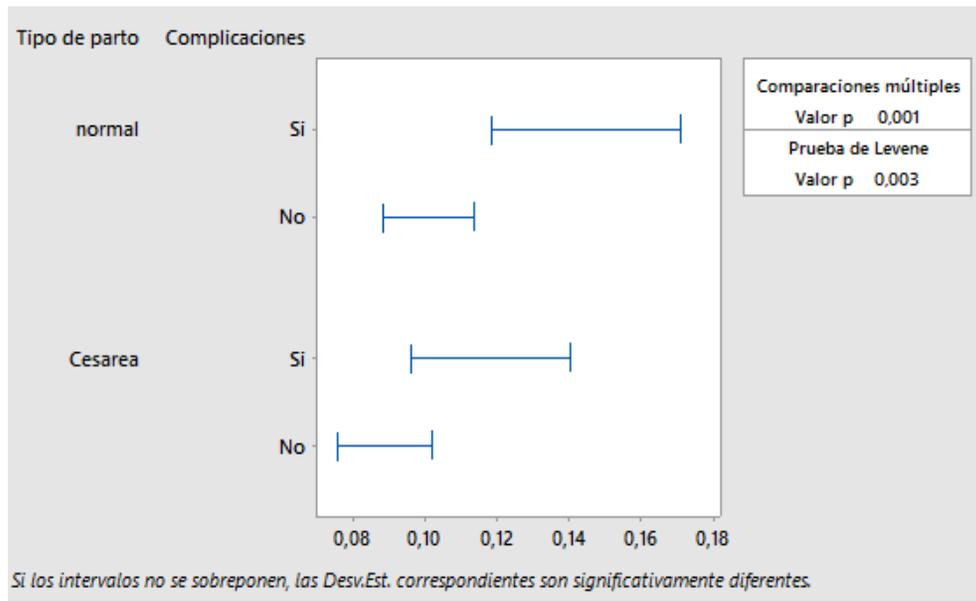
Gráfica 11. Gráfica de probabilidad de residuos - Normal



Por otra parte, el supuesto de homogeneidad no se cumple al definirse una prueba de Levene menor a 0,05. En la Gráfica 12, se observa que el tratamiento normal

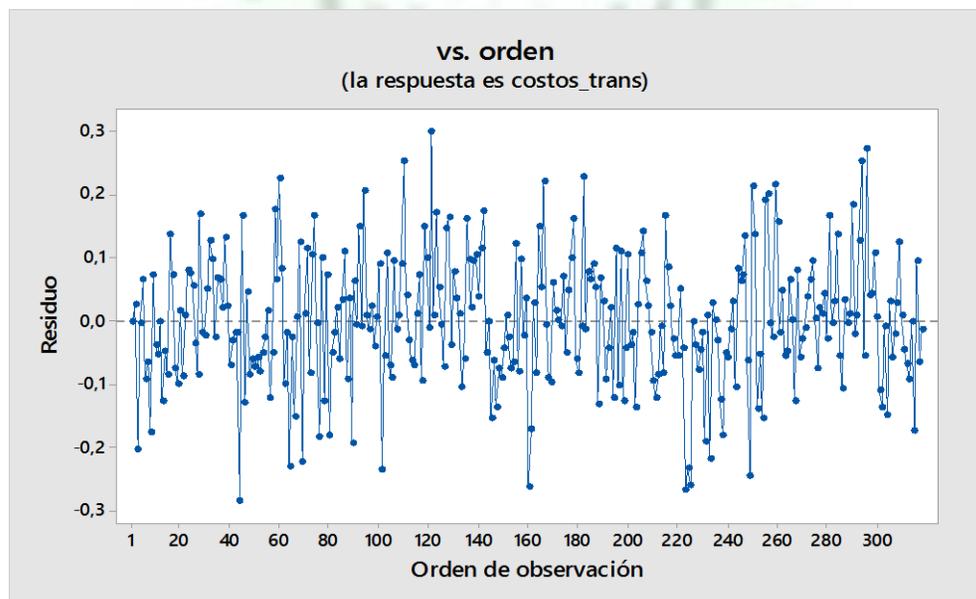
con presencia de complicaciones tiene un intervalo más amplio que los demás, por lo tanto sus datos presentan mayor variabilidad, afectando la igualdad de varianzas.

Gráfica 12. Prueba de igualdad de varianzas: residuos vs tipo de parto y Complicaciones



Por último, los residuos del modelo se comportan de forma independiente, tal como evidencia en la Gráfica 13, la cual no describe ningún patrón en el comportamiento de los residuos.

Gráfica 13. Residuos vs orden - ajuste datos atípicos



De acuerdo a los resultados obtenidos ante la eliminación de las observaciones poco comunes, si bien la significancia de los bloques mejorará y el supuesto de normalidad se cumple, la igualdad de varianzas continúa sin alcanzarse. Por lo tanto, se considera oportuno trabajar con los datos completos, además que estos generan resultados más propicios a la realidad de la IPS.



## REFERENCIAS

- Alemaný, M. J., & Velasco, J. (2005). Aspectos emocionales que rodean el nacimiento. Estado de la cuestión. *Matronas profesión*, 23-27.
- Badii, M., Castillo, J., & Wong, A. (2008). Uso de análisis de covarianza (ACNOVA) en investigación cinetífica. *InnOvacíOnes de NegOciOs*, 5(1), 25-38.
- Cantú M, P. C., & Gómez G, L. G. (Ene-mar de 2003). El valor de la estadística para la salud pública. *Salus cum propositum vitae*, 4(1). Obtenido de Facultad de Salud Pública y Nutrición, Universidad Autónoma de Nuevo León: <http://www.respyn.uanl.mx/iv/1/ensayos/bioestadistica.html>
- Cortés, A., Flor, E., & Duque, G. (2002). Análisis de costos de la atención médica hospitalaria. Experiencia en una clínica privada de nivel II-III. *Colombia Médica*, 35(2), 45-51.
- García, L. J., & Lara, P. A. (1998). Diseño Estadísticos de experimentos. Análisis de la varianza. *Grupo edutorialñ universitario*, 25-38.
- Garza V, J. (2013). Aplicación de diseño de experimentos para el análisis de secado de un producto. *InnOvacíOnes de NegOciOs*, 10(19), 145 - 158. Obtenido de [http://www.web.facpya.uanl.mx/rev\\_in/Revistas/10/A7.pdf](http://www.web.facpya.uanl.mx/rev_in/Revistas/10/A7.pdf)
- Gutiérrez, H., & de la Vara, R. (2012). *Análisis de diseño de experimentos* (Vol. Tercera edición). México D.F.: Mc Graw Hill.
- Guyton, A., & Hall, J. (2011). *Tratado de fisiología médica*. Barcelona: Elsevier.
- Ibache Burgos, J., & Leighton Naranjo, A. (2005). Salud Colectiva: Un Modelo De Atención De Salud Contextualizado. Bogotá, Colombia.
- Kuehl O, R. (2001). *Diseño de experimentos: principios estadísticos de siseño y análisis de investigación*. México: Thomson Learning.
- Kuehl, R. (2001). *Diseño de experimentos*. México: Thomson Learning.
- León, A. (2011). *Costos de la atención en salud de mujeres durante el embarazo y parto en una entidad promotora de salud del régimen subsidiado*. Bogotá D.C, 2011. Bogotá: Universidad Javeriana.
- Llopis, J. (S f). *La estadística: una orquesta hecha instrumentos*. Obtenido de <https://estadisticaorquestainstrumento.wordpress.com/2013/01/28/test-de-duncan/>
- Martín A, A., & Del Castillo, J. d. (2004). *Bioestadística para las ciencias de la salud* (1 edición (5) ed.). Madrid: Norma Capitel. Obtenido de [https://books.google.com.co/books?id=kZ5NoA2BwjEC&pg=PA316&lpg=PA316&dq=dise%C3%B1o+factorial+en+salud+ejemplo&source=bl&ots=-LrDdGtlf&sig=alNMZ0yg4pUNxIk4DsGsHIHwOw&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj-m6KszMfTAhWFKyYKHbB\\_B-kQ6AEILTAC#v=onepage&q=dise%C3%B1o%20fact](https://books.google.com.co/books?id=kZ5NoA2BwjEC&pg=PA316&lpg=PA316&dq=dise%C3%B1o+factorial+en+salud+ejemplo&source=bl&ots=-LrDdGtlf&sig=alNMZ0yg4pUNxIk4DsGsHIHwOw&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj-m6KszMfTAhWFKyYKHbB_B-kQ6AEILTAC#v=onepage&q=dise%C3%B1o%20fact)
- Ministerio de protección social. (2008). *Precios y contratos en salud Estudio indicativo de precios y análisis cualitativo de contratos*. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/Documentos%20y%20Publicaciones/PRECIO%20Y%20CONTRATOS%20EN%20SALUD.pdf>

- Ministerio de Protección Social. (2013). *PLan Decenal de Salud Pública, 2012-2021*. (B. D.C., Ed.)
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2000). *Guías de promoción de la salud y prevención de enfermedades en la salud pública*. Obtenido de Ministerio de Salud:  
<https://www.minsalud.gov.co/Documentos%20y%20Publicaciones/GUIA%20DE%20ATENCI%C3%93N%20DE%20LEPRA.pdf>
- Minitab 17 Statistical Software (2010). [Computer software]. State College, PA: Minitab, Inc. ([www.minitab.com](http://www.minitab.com))
- Montgomery, D. (2004). *Diseño y análisis de experimentos* (Segunda edición ed.). México: Limusa Wilwy.
- Montgomery, D. (2004). Introducción. En D. Montgomery, *Diseño de experimentos* (pág. 17). México: LIMUSA.
- OldMutual. (13 de Marzo de 2015). *Old Mutual*. Obtenido de <https://www.oldmutual.com.co/para-quien/finanzas-personales/noticias-segemento-finanzas-personales/Lists/EntradasDeBlog/Post.aspx?ID=13>
- OMS. (2013). *MOrtalidad materna nota descriptiva No.348*. Obtenido de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs334/es/>
- ONU. (2010). Obtenido de Mortalidad materna en Colombia: un grave problema de salud Pública.: <http://www.nacionesunidas.org.co/index.shtml?apc=i1-----&s=n&x=61735>.
- Otero, J., Herrarte, A., & Medina, E. (enero de 2005). *Análisis de la varianza (ANOVA)*. Obtenido de Universidad Autónoma de Madrid - UAM: [https://www.uam.es/personal\\_pdi/economicas/eva/pdf/anova.pdf](https://www.uam.es/personal_pdi/economicas/eva/pdf/anova.pdf)
- Pedroza, H., & Dicovalskyi, L. (2007). *Sistema de análisis estadístico con SPSS*. Managua: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) & Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- Sanabria Rodríguez, M., Sánchez, R., Astudillo, K., Camargo, D., & Bunch, A. (2012). Frecuencia y costos de hospitalización en una población de pacientes en diálisis en Colombia. *Revista de la Facultad de Medicina*, 60(4), 293-301.
- Spiegel M, R., Schiller, J. , & Srinivasan, R. A. (2007). *Análisis de la varianza, probabilidad y estadística*. México: McGraw-Hill.
- Villar, J. (S f de S f de 2003). *Modelos estadísticos aplicados--Estadística 2*. Recuperado el 13 de abril de 2017, de <http://dm.udc.es/asignaturas/estadistica2/>