



**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Colegio de Ciencias e Ingeniería**

**¿Sufre de molestias debido a su puesto de trabajo? Cómo una tabla antropométrica puede ayudar a mejorar los diseños de puestos de trabajo**

**Oscar Mauricio Cortés Andrade  
María Andrea Mejía Viana**

**Ximena Córdova, Ph.D., Directora de Tesis**

Tesis de Grado presentada como requisito  
para la obtención del Título de Ingeniero(a) Industrial

Quito, mayo de 2014

**Universidad San Francisco de Quito**

**Colegio de Ciencias e Ingeniería**

**HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS**

**¿Sufre de molestias debido a su puesto de trabajo? Cómo una tabla antropométrica puede ayudar a mejorar los diseños de puestos de trabajo**

Oscar Mauricio Cortés Andrade

María Andrea Mejía Viana

Ximena Córdova, Ph.D.  
Directora de Tesis

---

Pablo Dávila, Ph.D.  
Miembro del Comité de Tesis

---

Diego Güilcapi, M.Sc.  
Miembro del Comité de Tesis

---

Ximena Córdova, Ph.D.  
Decana de la Escuela de Ingeniería  
Colegio de Ciencias e Ingeniería

---

Quito, mayo de 2014

**© DERECHOS DE AUTOR**

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma: \_\_\_\_\_

Nombre: Oscar Mauricio Cortés Andrade

C. I.: 1714937701

Firma: \_\_\_\_\_

Nombre: María Andrea Mejía Viana

C. I.: 1714698261

Fecha: Quito, mayo de 2014

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a mis papás, Fernando y Alba Stella, quienes son mi más grande ejemplo a seguir. Con su inmenso amor y apoyo me han ayudado a culminar esta etapa de la vida, brindándome una mano sincera en los momentos donde más los necesitaba.

Oscar Cortés A.

Les dedico este trabajo a mis papás, Mario y Claudia, por ser mi apoyo incondicional en todo momento. A Dios por ser mi guía y darme toda la paciencia y dedicación necesaria.

María Andrea Mejía.

## AGRADECIMIENTOS

Un profundo agradecimiento a la Policía Nacional del Ecuador, en especial a la Mayor Alexandra Salcedo por colaborarnos en todo lo necesario para culminar el presente trabajo.

Agradezco a mis papás y a mis hermanos, Andrés y Juan Santiago, quienes con su amor y comprensión lograron que todo esto fuera posible. Un especial agradecimiento a Ximena Córdova y los demás profesores de la carrera, quienes lograron compartir sus conocimientos con sus alumnos y sentar excelentes bases para el desarrollo de la vida profesional futura. Y un último agradecimiento a mis amigos, quienes fueron la fuente de motivación para la culminación del presente trabajo.

Oscar Cortés A.

Mi más sincero agradecimiento a:

Mi familia por darme todo su apoyo y ánimo.

A Ximena Córdova, directora de tesis, decana de la Escuela de Ingenierías y profesora, por su apoyo y confianza, pero sobre todo por compartir con nosotros todo su conocimiento.

A mis amigos por su motivación y ánimo para culminar el trabajo.

A todos los profesores de la carrera, quienes me transmitieron su conocimiento de una excelente manera.

María Andrea Mejía.

## RESUMEN

El objetivo principal del trabajo es generar una tabla antropométrica para la población económicamente activa (PEA) de Quito. En el Ecuador no existe una tabla antropométrica que permita el correcto diseño de los puestos de trabajo de acuerdo a las medidas de la población. En este estudio se tomaron 14 medidas antropométricas relevantes para el diseño de puestos de trabajo parado y sentado, estableciendo un método de medición estándar. Se midieron 837 personas; 452 hombres y 385 mujeres. El tamaño de muestra se definió de manera que fuera significativo de la PEA de Quito, siguiendo las proporciones de etnia y género de la misma. Los datos obtenidos fueron levantados en el distrito “La Delicia” de la Policía Nacional y en la Unidad Policial del Medio Ambiente (UPMA). Se analizaron estadísticamente las medidas obtenidas para poder generar los percentiles adecuados y utilizables para el diseño de puestos de trabajo. Se generó una tabla antropométrica para cada género y se realizó un análisis de poblaciones combinadas. Para demostrar la aplicación de la tabla generada se realizó un análisis de calce de objetos ya existentes y se diseñaron dos puestos de trabajo por género con los percentiles de las medidas pertinentes.

## ABSTRACT

The main objective of this paper is to generate an anthropometric table for the Economically Active Population (EAP) of Quito-Ecuador. In Ecuador, an anthropometric table is not available, and it is important as it allows the correct design for jobs according to the measures of the population. In this study 14 anthropometric measurements relevant to the design of standing and sitting job positions were taken. A standard method for the measurement process was established. 837 people were measured: 452 men and 385 women. The sample size was defined so that it statistically represented the proportions of ethnicity and gender of the EAP of Quito. The data was gathered in the Police District “La Delicia” and the Environmental Police Unit. The anthropometric measurements were statistically analyzed in order to generate the appropriate percentiles used in anthropometric tables for job designs. The table was generated for female and male populations. Additionally a mixed population analysis was performed. Finally, to demonstrate the application of the anthropometric table, analysis of existing objects fit was performed and two jobs with the percentiles of the relevant measures were designed.

**TABLA DE CONTENIDO**

RESUMEN .....	7
ABSTRACT .....	8
CAPITULO 1.....	31
Antecedentes.....	31
Objetivos.....	33
General.....	33
Específicos .....	33
Justificación del tema .....	34
Revisión literaria.....	36
Metodología.....	41
CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO .....	43
Antropometría.....	43
Antropometría.....	43
Medidas antropométricas.....	45
Diseño del puesto de trabajo.....	47
Enfermedades laborales.....	47
Trastornos musculoesqueléticos.....	47
Poblaciones militares.....	48

	10
Raza y etnia.....	49
Policía Nacional del Ecuador. Distrito “La Delicia”.....	50
Estadística relacionada.....	52
Aleatorización.....	52
Medidas de tendencia central.....	52
Medidas de variabilidad.....	53
Estudios Gage R&R.....	54
Población y muestra.....	57
Distribución normal.....	59
Pruebas de hipótesis.....	60
Valor p.....	61
Prueba de Anderson- Darling.....	62
Prueba Kolmogorov-Smirnov.....	63
Intervalos de confianza.....	63
Percentiles.....	65
Parámetros del diseño antropométrico.....	66
Poblaciones combinadas y mixtas.....	66
 CAPÍTULO 3: MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS PARA EL DISEÑO DEL PUESTO DE TRABAJO.....	 70
Investigación de las medidas más relevantes para el diseño del puesto de trabajo ...	70

Análisis de investigaciones y estudios anteriores relacionados al tema. ....	71
Comparación y contraste de las medidas encontradas. ....	73
Elección de las medidas antropométricas más importantes para el diseño del puesto de trabajo .....	73
Elección y justificación de las medidas antropométricas a utilizar. ....	73
CAPÍTULO 4: MÉTODO DE MEDICIÓN Y HERRAMIENTAS .....	79
Herramientas de medición .....	79
Investigación de las herramientas de medición. ....	79
Elección de las herramientas a emplear. ....	83
Definición de proceso estándar para la medición .....	84
Investigación del método a utilizar para las distintas medidas antropométricas. ...	84
Elección del método de medición. ....	85
Diagrama de flujo del proceso estándar establecido. ....	87
Análisis R&R .....	89
Análisis R&R, Antropómetro. ....	90
Análisis R&R, Tallímetro. ....	95
Análisis R&R, Flexómetro. ....	100
CAPÍTULO 5: LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE LAS MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS .....	106
Determinación de la muestra .....	106

Definición de la población.....	107
Determinación de la fórmula estadística más apropiada. ....	109
Tamaño de la muestra. ....	110
Análisis de las medidas y tabla antropométrica.....	112
Levantamiento de las medidas establecidas a la muestra. ....	112
Análisis estadístico de los datos. ....	113
Análisis general de la muestra. ....	113
Análisis de características de la muestra: Hombres.....	116
Análisis de las características de la muestra: Mujeres.....	118
Análisis estadístico de las medidas realizadas.....	121
Análisis de datos ambas poblaciones.....	122
Limitaciones y problemas encontrados en las mediciones.....	123
Tabla antropométrica para la población establecida.....	125
Determinación de percentiles. ....	125
Tabla antropométrica.....	129
Poblaciones combinadas.....	131
Aplicaciones.....	135
Aplicaciones de las medidas de la tabla antropométrica.....	135
CONCLUSIONES.....	146
RECOMENDACIONES.....	151

Bibliografía.....	154
ANEXOS .....	164
Anexo 1.....	164
Anexo 2.....	166
Anexo 3.....	194
Anexo 4.....	222
Anexo 5.....	250
Anexo 6.....	252

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Objetivos específicos, metas y actividades. Realizado por los autores. ....	34
Tabla 2: Información obtenida de (Lavender, Marras, & Sabol, 2002), (Lee, et al., 2013), (Chung & Wong, 2007), (Estrada, Camacho, Restrepo, & Parra, 1998), (García, 2010) .....	72
Tabla 3: Medidas antropométricas a tomar, realizado por los autores. Información obtenida de (NASA, 1978) .....	74
Tabla 4: Medidas antropométricas. Imágenes (856, 200, 194, 459, 758, 529, 678, 318, 312, 752, 911, 912) obtenidas de (NASA, 1978) e Imágenes (estatura, 760) obtenidas de (U.S Department of Commerce Bureau of The Census, 1965) .....	78
Tabla 5: Elección de las herramientas a emplear. Realizada por los autores. ....	83
Tabla 6: Método de medición. Realizado por los autores.....	86
Tabla 7: Orden de medición a los sujetos para análisis R&R, antropómetro. Realizado por los autores.....	90
Tabla 8: Mediciones codo a codo con antropómetro para análisis R&R. Tabla realizada por Cortés, Mejía (2014). ....	91
Tabla 9: Resultados Xbarra/R para análisis R&R del antropómetro. Realizado por los autores.....	94
Tabla 10: Orden de medición a los sujetos para análisis R&R, tallímetro. Tabla realizada por Cortés, Mejía (2014). ....	96
Tabla 11: Mediciones de altura parado con el tallímetro para análisis R&R. Tabla realizada por Cortés, Mejía (2014). ....	96

Tabla 12: Resultados Xbarra/R para análisis R&R del tallímetro. Realizado por Cortés, Mejía (2014). .....	99
Tabla 13: Orden de medición a los sujetos para análisis R&R, flexómetro. Tabla realizada por Cortés, Mejía (2014). .....	101
Tabla 14: Mediciones de altura parado con el tallímetro para análisis R&R. Tabla realizada por Cortés, Mejía (2014). .....	101
Tabla 15: Resultados Xbarra/R para análisis R&R del flexómetro. Realizado por Cortés, Mejía (2014). .....	104
Tabla 16: Población Económicamente Activa en Quito por Etnia. Obtenida de (INEC, 2013). .....	108
Tabla 17 : Población Económicamente Activa en Quito por género y etnia. Obtenida de (INEC, 2013) .....	109
Tabla 18: Cantidad de personas a medir por etnia y género. Realizado por (Cortés & Mejía, 2014) .....	111
Tabla 19: Normalidad de las poblaciones. Realizado por los autores. ....	123
Tabla 20: Percentiles 5 y 95 para estatura de hombres. Realizado por los autores .....	129
Tabla 21: Tabla antropométrica. Realizada por los autores .....	130
Tabla 22: Escenario 1: 46% mujeres y 54% hombres. Realizada por los autores .....	132
Tabla 23: Escenario 2: 44% hombres y 56% hombres. Realizada por los autores .....	132
Tabla 24: Escenario 3: 40% mujeres y 60% hombres. Realizada por los autores .....	133
Tabla 25: Resumen pruebas de normalidad para poblaciones combinadas. Realizada por los autores .....	134

Tabla 26: Resumen del análisis de calce para hombres y mujeres de manera independiente. Realizado por los autores .....	138
Tabla 27: Resumen del análisis de calce para hombres (54%) y mujeres (46%) combinados. Realizado por los autores .....	139
Tabla 28: Datos ordenados de estatura de hombres. Realizado por los autores. ....	251

## INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Etnias en la PEA y en la muestra, Hombres y Mujeres. Realizado por los autores.....	114
Gráfico 2: Comparación edades de la PEA y muestra, hombres y mujeres. Realizado por los autores.....	115
Gráfico 3: Comparación edades de la PEA y Muestra, Hombres. Realizado por los autores.....	117
Gráfico 4: Porcentaje de etnias en la PEA y en la muestra, Hombres. Realizado por los autores.....	118
Gráfico 5: Comparación de edades, mujeres. Realizado por los autores.....	119
Gráfico 6: Comparación de etnias, mujeres. Realizado por los autores .....	120
Gráfico 7: Demostración del cálculo de percentiles en Excel 2010. Realizado por los autores.....	128
Gráfico 8: Resumen estadístico para la medida: sentado sin erguirse, hombres. Realizado por los autores.....	166
Gráfico 9: Prueba de normalidad KS para la medida: sentado sin erguirse, hombres. Realizado por los autores.....	167
Gráfico 10: Resumen estadístico para la medida: sentado erguido, hombres. Realizado por los autores.....	168
Gráfico 11: Prueba de normalidad KS para la medida: sentado erguido, hombres. Realizado por los autores.....	169
Gráfico 12: Resumen estadístico para la medida: agarre vertical sentado, hombres. Realizado por los autores.....	170

Gráfico 13: Prueba de normalidad KS para la medida: agarre vertical sentado, hombres. Realizado por los autores.....	171
Gráfico 14: Resumen estadístico para la medida: altura muslo, hombres. Realizado por los autores.....	172
Gráfico 15: Prueba de normalidad KS para la medida: altura muslo, hombres. Realizado por los autores.....	173
Gráfico 16: Resumen estadístico para la medida: Altura rodilla, Hombres. Realizado por los autores.....	174
Gráfico 17: Análisis de normalidad KS para la medida: altura rodilla, hombres. Realizado por los autores.....	175
Gráfico 18: Resumen estadístico para la medida: altura poplíteo, hombres. Realizado por los autores.....	176
Gráfico 19: Prueba de normalidad KS para la medida: altura poplíteo, hombres. Realizado por los autores.....	177
Gráfico 20: Resumen estadístico para la medida: glúteos- rodilla, hombres. Realizado por los autores.....	178
Gráfico 21: Prueba de normalidad para la medida: glúteos- rodilla, hombres. Realizado por los autores.....	179
Gráfico 22: Resumen estadístico para la medida: glúteos- poplíteo, hombres. Realizado por los autores.....	180
Gráfico 23: Prueba de normalidad KS para la medida: glúteos- poplíteo, hombres. Realizado por los autores.....	181

Gráfico 24: Resumen estadístico para la medida: ancho caderas, hombres. Realizado por los autores.....	182
Gráfico 25: Prueba de normalidad KS para la medida: ancho caderas, hombres. Realizado por los autores.....	183
Gráfico 26: Resumen estadístico para la medida: distancia codo a codo, hombres. Realizado por los autores.....	184
Gráfico 27: Prueba de normalidad KS para la medida: distancia codo a codo, hombres. Realizado por los autores.....	185
Gráfico 28: Resumen estadístico para la medida: distancia codo- asiento, hombres. Realizado por los autores.....	186
Gráfico 29: Prueba de normalidad KS para la medida: distancia codo- asiento, hombres. Realizado por los autores.....	187
Gráfico 30: Resumen estadístico para la medida: estatura, hombres. Realizado por los autores.....	188
Gráfico 31: Prueba de normalidad KS para la medida: estatura, hombres. Realizado por los autores.....	189
Gráfico 32: Resumen estadístico para la medida: agarre vertical parado, hombres. Realizado por los autores.....	190
Gráfico 33: Prueba de normalidad para la medida: agarre vertical parado, hombres. Realizado por los autores.....	191
Gráfico 34: Resumen estadístico para la medida: agarre horizontal, hombres. Realizado por los autores.....	192

Gráfico 35: Prueba de normalidad KS para la medida: agarre horizontal, hombres. Realizado por los autores.....	193
Gráfico 36: Resumen estadístico para la medida: sentado sin erguirse, mujeres. Realizado por los autores.....	194
Gráfico 37: Prueba de normalidad KS para la medida: sentado sin erguirse, mujeres. Realizado por los autores.....	195
Gráfico 38: Resumen estadístico para la medida: sentado erguido, mujeres. Realizado por los autores.....	196
Gráfico 39: Prueba de normalidad KS para la medida: sentado erguido, mujeres. Realizado por los autores.....	197
Gráfico 40: Resumen estadístico para la medida: agarre vertical sentado, mujeres. Realizado por los autores.....	198
Gráfico 41: Prueba de normalidad KS para la medida: agarre vertical sentado, mujeres. Realizado por los autores.....	199
Gráfico 42: Resumen estadístico para la medida: altura muslo, mujeres. Realizado por los autores. ....	200
Gráfico 43: Prueba de normalidad KS para la medida: altura muslo, mujeres. Realizado por los autores.....	201
Gráfico 44: Resumen estadístico para la medida: altura rodilla, mujeres. Realizado por los autores. ....	202
Gráfico 45: Prueba de normalidad KS para la medida: Altura rodilla, Mujeres. Realizado por los autores.....	203

Gráfico 46: Resumen estadístico para la medida: altura poplíteo, mujeres. Realizado por los autores.....	204
Gráfico 47: Prueba de normalidad para la medida: altura poplíteo, mujeres. Realizado por los autores.....	205
Gráfico 48: Resumen estadístico para la medida: glúteos - rodilla, mujeres. Realizado por los autores.....	206
Gráfico 49: Prueba de normalidad KS para la medida: Glúteos - rodilla, Mujeres. Realizado por los autores.....	207
Gráfico 50: Resumen estadístico para la medida: glúteos - poplíteo, mujeres. Realizado por los autores.....	208
Gráfico 51: Prueba de normalidad KS para la medida: glúteos - poplíteo, mujeres. Realizado por los autores.....	209
Gráfico 52: Resumen estadístico para la medida: ancho caderas, mujeres. Realizado por los autores.....	210
Gráfico 53: Prueba de normalidad KS para la medida: ancho caderas, mujeres. Realizado por los autores.....	211
Gráfico 54: Resumen estadístico para la medida: distancia codo a codo, mujeres. Realizado por los autores.....	212
Gráfico 55: Prueba de normalidad KS para la medida: distancia codo a codo, mujeres. Realizado por los autores.....	213
Gráfico 56: Resumen estadístico para la medida: distancia codo - asiento, mujeres. Realizado por los autores.....	214

Gráfico 57: Prueba de normalidad KS para la medida: distancia codo - asiento, mujeres. Realizado por los autores .....	215
Gráfico 58: Resumen estadístico para la medida: estatura, mujeres. Realizado por los autores.....	216
Gráfico 59: Prueba de normalidad KS para la medida: estatura, mujeres. Realizado por los autores. ....	217
Gráfico 60: Resumen estadístico para la medida: agarre vertical parado, mujeres. Realizado por los autores.....	218
Gráfico 61: Prueba de normalidad KS para la medida: agarre vertical parado, mujeres. Realizado por los autores.....	219
Gráfico 62: Resumen estadístico para la medida: agarre horizontal parado, mujeres. Realizado por los autores.....	220
Gráfico 63: Prueba de normalidad KS para la medida: agarre horizontal, mujeres. Realizado por los autores.....	221
Gráfico 64: Resumen estadístico para la medida sentado sin erguirse, mujeres y hombres. Realizado por los autores.....	222
Gráfico 65: Prueba de normalidad KS para la medida sentado sin erguirse, mujeres y hombres. Realizado por los autores.....	223
Gráfico 66: Resumen estadístico para la medida sentado erguido, mujeres y hombres. Realizado por los autores.....	224
Gráfico 67: Prueba de normalidad KS para la medida sentado erguido, mujeres y hombres. Realizado por los autores.....	225

Gráfico 68: Resumen estadístico para la medida agarre vertical sentad, mujeres y hombres. Realizado por los autores.....	226
Gráfico 69: Prueba de normalidad KS para la medida agarre vertical sentado, mujeres y hombres. Realizado por los autores.....	227
Gráfico 70: Resumen estadístico para la medida altura muslo, mujeres y hombres. Realizado por los autores.....	228
Gráfico 71: Prueba de normalidad KS para la medida altura muslo, mujeres y hombres. Realizado por los autores.....	229
Gráfico 72: Resumen estadístico para la medida altura rodilla, mujeres y hombres. Realizado por los autores.....	230
Gráfico 73: Prueba de normalidad KS para la medida altura rodilla, mujeres y hombres. Realizado por los autores.....	231
Gráfico 74: Resumen estadístico para la medida altura poplíteo, mujeres y hombres. Realizado por los autores.....	232
Gráfico 75: Prueba de normalidad KS para la medida altura poplíteo, mujeres y hombres. Realizado por los autores.....	233
Gráfico 76: Resumen estadístico para la medida glúteos- rodilla, mujeres y hombres. Realizado por los autores.....	234
Gráfico 77: Prueba de normalidad KS para la medida glúteos- rodilla, mujeres y hombres. Realizado por los autores.....	235
Gráfico 78: Resumen estadístico para la medida glúteos- poplíteo, mujeres y hombres. Realizado por los autores.....	236

Gráfico 79: Prueba de normalidad KS para la medida glúteos- poplíteo, mujeres y hombres. Realizado por los autores.....	237
Gráfico 80: Resumen estadístico para la medida ancho caderas, mujeres y hombres. Realizado por los autores.....	238
Gráfico 81: Prueba de normalidad KS para la medida ancho caderas, mujeres y hombres. Realizado por los autores.....	239
Gráfico 82: Resumen estadístico para la medida ancho codo a codo, mujeres y hombres. Realizado por los autores.....	240
Gráfico 83: Prueba de normalidad KS para la medida ancho codo a codo, mujeres y hombres. Realizado por los autores.....	241
Gráfico 84: Resumen estadístico para la medida altura codo- asiento, mujeres y hombres. Realizado por los autores.....	242
Gráfico 85: Prueba de normalidad KS para la medida altura codo- asiento, mujeres y hombres. Realizado por los autores.....	243
Gráfico 86: Resumen estadístico para la medida estatura, mujeres y hombres. Realizado por los autores.....	244
Gráfico 87: Prueba de normalidad KS para la medida estatura, mujeres y hombres. Realizado por los autores.....	245
Gráfico 88: Resumen estadístico para la medida agarre vertical parado, mujeres y hombres. Realizado por los autores.....	246
Gráfico 89: Prueba de normalidad KS para la medida agarre vertical parado, mujeres y hombres. Realizado por los autores.....	247

Gráfico 90: Resumen estadístico para la medida agarre horizontal, mujeres y hombres. Realizado por los autores.....	248
Gráfico 91: Prueba de normalidad KS para la medida agarre horizontal, mujeres y hombres. Realizado por los autores.....	249
Gráfico 92: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida sentado sin erguirse para la población combinada: 44% mujeres y 56% hombres. Realizado por los autores .....	252
Gráfico 93: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida sentado erguido para la población combinada: 44% mujeres y 56% hombres. Realizado por los autores .....	253
Gráfico 94: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida agarre vertical sentado para la población combinada: 44% mujeres y 56% hombres. Realizado por los autores .....	255
Gráfico 95: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida altura muslo para la población combinada: 44% mujeres y 56% hombres. Realizado por los autores .....	256
Gráfico 96: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida altura rodilla para la población combinada: 44% mujeres y 56% hombres. Realizado por los autores .....	257
Gráfico 97: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida altura poplíteo para la población combinada: 44% mujeres y 56% hombres. Realizado por los autores .....	258
Gráfico 98: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida glúteos - rodilla para la población combinada: 44% mujeres y 56% hombres. Realizado por los autores .....	259

Gráfico 99: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida glúteos – poplíteo para la población combinada: 44% mujeres y 56% hombres. Realizado por los autores .....	260
Gráfico 100: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida ancho caderas para la población combinada: 44% mujeres y 56% hombres. Realizado por los autores .....	261
Gráfico 101: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida codo a codo para la población combinada: 44% mujeres y 56% hombres. Realizado por los autores .....	262
Gráfico 102: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida codo - asiento para la población combinada: 44% mujeres y 56% hombres. Realizado por los autores .....	263
Gráfico 103: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida estatura para la población combinada: 44% mujeres y 56% hombres. Realizado por los autores .....	264
Gráfico 104: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida agarre vertical parado para la población combinada: 44% mujeres y 56% hombres. Realizado por los autores.....	265
Gráfico 105: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida agarre horizontal parado para la población combinada: 44% mujeres y 56% hombres. Realizado por los autores .....	266
Gráfico 106: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida sentado sin erguirse para la población combinada: 40% mujeres y 60% hombres. Realizado por los autores .....	267

Gráfico 107: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida sentado erguido para la población combinada: 40% mujeres y 60% hombres. Realizado por los autores .....	268
Gráfico 108: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida agarre vertical sentado para la población combinada: 40% mujeres y 60% hombres. Realizado por los autores.....	269
Gráfico 109: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida altura muslo para la población combinada: 40% mujeres y 60% hombres. Realizado por los autores .....	270
Gráfico 110: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida altura rodilla para la población combinada: 40% mujeres y 60% hombres. Realizado por los autores .....	271
Gráfico 111: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida altura poplíteo para la población combinada: 40% mujeres y 60% hombres. Realizado por los autores .....	272
Gráfico 112: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida glúteos - rodilla para la población combinada: 40% mujeres y 60% hombres. Realizado por los autores .....	273
Gráfico 113: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida glúteos – poplíteo para la población combinada: 40% mujeres y 60% hombres. Realizado por los autores .....	274
Gráfico 114: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida ancho caderas para la población combinada: 40% mujeres y 60% hombres. Realizado por los autores .....	275

Gráfico 115: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida codo a codo para la población combinada: 40% mujeres y 60% hombres. Realizado por los autores .....	276
Gráfico 116: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida codo - asiento para la población combinada: 40% mujeres y 60% hombres. Realizado por los autores .....	277
Gráfico 117: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida estatura para la población combinada: 40% mujeres y 60% hombres. Realizado por los autores .....	278
Gráfico 118: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida agarre vertical parado para la población combinada: 40% mujeres y 60% hombres. Realizado por los autores.....	279
Gráfico 119: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida agarre horizontal parado para la población combinada: 40% mujeres y 60% hombres. Realizado por los autores .....	280

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Imagen Obtenida de: (Walpole, Myers, & Myers, 1999) .....	59
Imagen 2: Puestos de trabajo sentado y parado. Obtenido de: (Escuela Colombiana de Ingeniería, 2009).....	70
Imagen 3: Obtenida de: (BC Equipos, 2014).....	80
Imagen 4: Obtenida de: (Varas, 2011).....	80
Imagen 5: Obtenida de: (Quirumed, 2004).....	81
Imagen 6: Obtenida de: (3B Scientific, 2014) .....	81
Imagen 7: obtenida de: (Fleming Comercial S.A, 2012).....	81
Imagen 8: obtenida de: (Medilandia, 2013).....	82
Imagen 9: obtenida de (Agroterra Tecnologías Agrarias S.L, 2013) .....	82
Imagen 10: Diagrama de flujo del método de medición. Realizado por los autores .....	88
Imagen 11: Resultados gráficos de MINITAB para análisis R&R del antropómetro. Fuente (MINITAB 16, 2013).....	92
Imagen 12: Resultados gráficos de MINITAB para análisis R&R del tallímetro.. Fuente (MINITAB 16, 2013) .....	97
Imagen 13: Resultados MINITAB para R&R Flexómetro. Fuente (MINITAB 16, 2013).....	102
Imagen 14: Esquema de silla y medidas tomadas para el análisis del calce con la población. Imagen obtenida de: (Geckeler, 2012). Editada por los autores. ....	136
Imagen 15: Puestos de trabajo parado. Obtenido de: (Escuela Colombiana de Ingeniería, 2009).....	140

Imagen 16: Altura herramienta. Imagen obtenido de: (Escuela Colombiana de Ingeniería, 2009), editada por los autores.....	141
Imagen 17: Puestos de trabajo sentado. Obtenido de: (Escuela Colombiana de Ingeniería, 2009).....	142
Imagen 18: Diseño de silla. Imagen obtenida de (123RF, 2014). Editada por los autores.....	144
Imagen 19: Alcance de objeto y altura de la mesa. Imagen obtenida de: (Architonic, 2014). Editada por los autores. ....	145
Imagen 20: Plantilla de Excel para la recopilación de datos. Realizado por los autores .....	164

## CAPITULO 1

### **Antecedentes**

El presente trabajo nace de la necesidad de una correcta adaptación de los puestos del trabajo al trabajador de la población quiteña. Un mal diseño del puesto de trabajo causa molestias, malestar, desmotivación, baja productividad, enfermedades profesionales entre otros (Pinzón García, 2011). Es por esto que es necesario que el diseño del puesto de trabajo sea el correcto. En Ecuador se calcula que al año se generan 100 000 accidentes de trabajo, de los cuales apenas el 10% está registrado (Enríquez, 2012). En la actualidad, se busca que los médicos ocupacionales y personal administrativo conozcan cómo prevenir las afecciones de salud, particularmente las de origen ergonómico (diseño del lugar de trabajo). Se considera que en el mundo el 70% de las enfermedades laborales se dan por esta razón (Enríquez, 2012). Las ausencias que se generan en los trabajos por esta situación, así como por las enfermedades laborales, tienen un alto costo para los países. En Ecuador, por ejemplo, impactan en el 8% de Producto Interno Bruto, es decir USD 4.889 millones (Enríquez, 2012).

Para lo mencionado, se debe contar con una tabla antropométrica en la que se incluyan las medidas correctas de la población que permitan desarrollar y adaptar el puesto de trabajo de manera adecuada. Al utilizar información antropométrica sobre otras poblaciones se diseña para medidas que no son representativas de la población por lo que el diseño no será el correcto y se incrementa el riesgo de enfermedades laborales en el mismo. En la actualidad se ha incrementado la importancia de un buen diseño de puesto de trabajo como fin de evitar enfermedades profesionales y accidentes de trabajo. Dentro de la Policía Nacional, específicamente en Quito, no existen estudios antropométricos de ninguna índole (Jaramillo

Paredes, 2010). Sin embargo, en el 2010, se realizó un estudio de Seguridad y Salud Ocupacional dentro del departamento del Grupo de Intervención y Rescate de la ciudad de Quito, donde se encontraron falencias graves del diseño de los puestos de trabajo que ponen en peligro a sus usuarios: "... se recomienda realizar un estudio ergonómico de cada elemento para conforme este estudio definir altura de almacenamiento de cajas y armas para evitar problemas de caídas de material peligroso y evitar lesiones lumbares" (Jaramillo Paredes, 2010).

"El 7 de Octubre del 2010, el Consejo Directivo del IESS ordena en el Registro Oficial del Sistema de Auditoría de Riesgos de Trabajo (SART), a cargo del Seguro General de Riesgos del Trabajo (SRT), como medio de verificación del cumplimiento de la normativa técnica y legal en materia de seguridad y salud en el trabajo" (Corporación Inmedical, 2011). Dentro de uno de los rubros de calificación del SART se encuentra la "*investigación de accidentes y enfermedades profesionales*" (Referencia en el plan: 4.1 literales a: a1, a2, a3, a4, a5 y b: b1, b2, b3, b4, b5) y la "*vigilancia de la salud de los trabajadores*" (Referencia en el plan: 4.2 literales a, b, c, d, e, f) (Corporación Inmedical, 2011). Esto demuestra la importancia en cuanto al cumplimiento de normativa interna ecuatoriana sobre el buen diseño de los puestos con el fin de evitar enfermedades profesionales y lograr que la salud de los trabajadores no se vea afectada.

En el año 2012 el IESS realizó un análisis de 151 puestos de trabajo donde se reportaron enfermedades profesionales con el fin de encontrar la patología en relación a la actividad laboral realizada (IESS, 2010). A partir de esto se realizaron recomendaciones y un seguimiento de las mismas (IESS, 2010). Sin embargo, al no contar con una tabla antropométrica que presente las medidas de los quiteños, las recomendaciones podrían no ser

suficientes, ya que la adaptación del puesto del trabajo no será la adecuada por la falta de información de la población.

En la Universidad San Francisco de Quito se han realizado los primeros intentos sobre la generación de una tabla antropométrica con las principales medidas para el diseño de puestos de trabajo. Uno de los estudios realizados fue sobre la comparación estadística de medidas antropométricas entre mestizos, indígenas y afro ecuatorianos de la Región Sierra del Ecuador (Lema, 2013). Se encontró que los mestizos y los indígenas, hombres y mujeres tienen similitudes antropométricas. Sin embargo, los mestizos y afro ecuatorianos y los indígenas y afro ecuatorianos, hombres y mujeres no tienen similitudes antropométricas (Lema, 2013).

## **Objetivos**

### **General**

Generar una tabla antropométrica midiendo una muestra representativa de la población económicamente activa de Quito, para el desarrollo de parámetros útiles y reales aplicables al diseño de los puestos de trabajo.

### **Específicos**

Objetivos específicos	Metas	Actividades
Investigar y definir las medidas antropométricas útiles para el diseño de puestos de trabajo	Hacer una investigación lo suficientemente robusta en cuanto a las medidas antropométricas más relevantes para el diseño de un puesto de trabajo, y la manera correcta para medirlas disminuyendo	Analizar anteriores investigaciones realizadas dentro del mismo campo. Comparar virtudes y defectos de los estudios encontrados para implementar lo mejor de cada uno de éstos y desechar las equivocaciones.
	Establecer las medidas antropométricas más importantes en cuanto a los requerimientos del diseño de distintos puestos de trabajo.	Realizar una investigación exhaustiva para encontrar las medidas antropométricas más relevantes y compararlas para elegir las más importantes en cuanto al diseño de puestos de trabajo.
Generar un método de medición eficiente para las medidas antropométricas deseadas	Definir un proceso estándar en cuanto a la medición de las personas, disminuyendo el sesgo y el error debido al uso de las herramientas utilizadas.	Investigar la manera de realizar las distintas medidas antropométricas definidas. Elegir la mejor manera de llevar a cabo las mediciones establecidas. Realizar un diagrama de flujo que defina el proceso estándar a utilizar para la toma de medidas.
		Determinar las herramientas más apropiadas a utilizar en el proceso de medición.
	Analizar la confiabilidad y precisión de las herramientas asignadas a utilizar al momento de la toma de datos y mediciones	Realizar un estudio R y R para evaluar repetibilidad y reproducibilidad sobre los instrumentos de medición y operarios
Obtener las medidas antropométricas de los adultos quiteños para la generación de una tabla que resuma los resultados obtenidos.	Definir una muestra representativa de la población económicamente activa adulta quiteña	Definir la población y sus características Definir la fórmula estadística más apropiada para la determinación del tamaño de muestra Encontrar el número de muestra estadísticamente representativo de la población adulta quiteña para el levantamiento de las medidas antropométricas relevantes.
		Ejecutar las mediciones antropométricas a la muestra establecida. Analizar la información estadísticamente para definir percentiles, promedios, máximos, mínimos y desviación estándar.
		Realizar un análisis de normalidad de cada una de las medidas para toda la muestra Construir una tabla con los datos obtenidos.
	Obtener una tabla antropométrica que reúna los parámetros más importantes de las medidas de la mayoría de los quiteños adultos.	Comparar con estudios anteriores de la USQF los resultados obtenidos para una correcta validación de los datos Realizar el análisis de poblaciones combinadas Mostrar las posibles aplicaciones en la industria de la tabla antropométrica generada

Tabla 1: Objetivos específicos, metas y actividades. Realizado por los autores.

## Justificación del tema

Actualmente, las personas se mantienen sentadas durante la gran mayoría del tiempo: frente a la computadora, frente a paneles de control de maquinaria, en bibliotecas y aulas de

clases, frente a la televisión, entre otros (Sanders & McCormick, 1993). Estaciones de trabajo y sillas mal diseñadas pueden causar dolor, e incluso lesiones a la espalda, a los músculos, a los hombros y cuello y problemas de circulación en las piernas (Sanders & McCormick, 1993). En la actualidad, se busca que los médicos ocupacionales y personal administrativo conozcan cómo prevenir las afecciones de salud, particularmente las de origen ergonómico (diseño del lugar de trabajo). Se considera que en el mundo el 70% de las enfermedades laborales se dan por esta razón. Un porcentaje similar se aplica para los países de América Latina (Enríquez, 2012). Además, en América Latina cada 15 segundos un trabajador se accidenta o contrae alguna enfermedad en relación con sus condiciones de trabajo. La mayoría de casos se han producido porque los empleados no cuentan con las seguridades necesarias. Por ejemplo, cascos, guantes, gafas protectoras, delantales, accesorios ergonómicos (artículos que se adaptan al contorno del usuario y no producen lesiones), entre otras protecciones (EL TELÉGRAFO, 2012).

Cuando se diseña un sistema donde los humanos interactúan con maquinaria, es necesario conocer las características de la población involucrada para aplicar el conocimiento al diseño (Kolawole, Owaba, & Ajisehiri, 2009). Las medidas antropométricas pueden ser utilizadas para el diseño de herramientas, equipos, estaciones de trabajo y ropa (Kolawole, Owaba, & Ajisehiri, 2009). Los datos antropométricos son un factor esencial en el diseño de maquinaria y equipos (Kolawole, Owaba, & Ajisehiri, 2009).

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) cuenta con procedimientos y definiciones para medir el cuerpo humano. Es decir, existe una normativa para definir las dimensiones corporales y especificar los procedimientos técnicos para medir el cuerpo humano (INEN, 1992). Sin embargo, haciendo una búsqueda exhaustiva en las fuentes de

información disponibles, no existe una tabla con las medidas antropométricas principales para los ecuatorianos como tal. Por lo tanto, es importante desarrollar una tabla antropométrica que recoja las principales medidas de los ecuatorianos pertinentes al diseño del trabajo. La Policía Nacional puede ser una muestra representativa de la población adulta ecuatoriana debido a la gran variedad de edades, razas y culturas que tienen los miles de uniformados actuales (ecuadorinmediato.com, 2013). Es necesario que el diseño de los objetos relacionados al trabajo, se ajuste a las dimensiones físicas de las personas que vayan a hacer uso de dichos objetos (Sanders & McCormick, 1993).

### **Revisión literaria**

El objetivo principal de la ergonomía es mejorar, a través del estudio de varias disciplinas, las relaciones del hombre con su entorno de trabajo con el fin de incrementar o desarrollar la calidad de éstas y con ello el bienestar humano (López López & Sánchez Monroy, 1983). Dentro de las principales disciplinas relacionadas directamente a la ergonomía, valen la pena mencionar las siguientes: la antropometría que provee con datos cuantitativos del cuerpo humano y la fisiología, anatomía y biomecánica con conocimientos acerca de la estructura y funcionamiento del mismo; la psicología que aporta estudios sobre el funcionamiento del cerebro, sistema nervioso y parámetros de la conducta humana; la estadística, que indica procedimientos para medir y analizar variables; y, la medicina del trabajo que contribuye con conocimientos para disminuir riesgos y accidentes. (López López & Sánchez Monroy, 1983).

La antropometría es la disciplina que describe las diferencias cuantitativas de las medidas del cuerpo humano, estudia las dimensiones tomando como referencia a distintas

estructuras anatómicas, y sirve de herramienta a la ergonomía con objeto de adaptar el entorno a las personas (Mondelo, Gregori Torada, & Barrau Bombardo, Ergonomía 1. Fundamentos, 2000). Los datos antropométricos no constituyen una receta para diseñar. Su inserción en un programa de diseño vendrá siempre acotada por otras posibilidades, sean tecnológicas, culturales o económicas (Croney, 1978). Debido precisamente a éstas, las funciones humanas quedan con frecuencia sacrificadas, quedando el objeto que se diseña apartado de su finalidad primordial, que es ser útil al hombre (Croney, 1978). Se puede asegurar que aplicando un conocimiento ergonómico al diseño habrá más posibilidades de tener al final un producto que cumpla con los fines para los que fue creado. (López López & Sánchez Monroy, 1983).

Según John Croney (1978) existe una larga historia de estrecheces, desajustes y objetos inhumanos donde se han producido prioridades económicas o culturales sobre la utilización o servicio que dichos objetos prestan. Sin embargo, cada día es mayor la importancia que se da a los aspectos ergonómicos y funcionales, y a ello ha contribuido el diseño industrial en gran manera, al establecer una nueva jerarquización de valores en el propio producto (Croney, 1978). Los puestos de trabajo y equipos bien diseñados contribuyen a una mayor productividad, seguridad, salud y aumento de la satisfacción del empleado, esto se logra por medio de la ergonomía y factores humanos (Eastman Kodak Company, 1983). Al remover esfuerzos innecesarios se logra una mayor productividad y por ende un mayor rentabilidad (Eastman Kodak Company, 1983).

Tomando esto en cuenta, según Mondelo, Gregori Torada & Barrau Bombardo (2000), los resultados obtenidos después de un estudio antropométrico deben aplicarse con criterios amplios y razonables. En cuanto a la aplicación de datos antropométricos, existen ciertos principios que pueden ser relevantes para determinados tipos de problemas de diseño

(McCormick, 1976). Se puede diseñar para individuos extremos es decir se diseña para un extremo de alguna característica antropométrica para que pueda acomodarse, virtualmente, para toda la población (McCormick, 1976). Además, se puede diseñar para promedios aceptables con el fin de que pudieran acomodarse a las personas de diversos tamaños (McCormick, 1976). Es posible diseñar para la media es decir para un hombre promedio o típico, esto tiene diversos problemas ya que muy pocas personas, si las hay, se pueden clasificar como promedios (McCormick, 1976). La persona “media” no existe, ya que aunque algunas de sus medidas correspondan con la media de la población, es seguro que no ocurrirá esto con el resto. (Mondelo, Gregori Torada, & Barrau Bombardo, Ergonomía 1. Fundamentos, 2000). Se ha generalizado en exceso el concepto de la persona estándar, hasta tal punto que hay autores que a partir de la estatura de la persona son capaces de determinar todas las demás dimensiones del cuerpo, esto es una ficción que conduce inevitablemente a diseños de puestos de actividad erróneos. (Mondelo, Gregori Torada, & Barrau Bombardo, Ergonomía 1. Fundamentos, 2000).

La utilización de medidas antropométricas es comúnmente aplicada para diseñar estaciones de trabajo industrial, así como maquinaria y herramientas (Behara & Das, 2012). Es importante entender la falacia de la persona promedio que significa que las personas no pueden ser promedio en todas las medidas del cuerpo humano (Behara & Das, 2012). Esto se debe a que no existe una correlación entre las dimensiones del cuerpo humano (Behara & Das, 2012).

La antropometría tradicional se caracteriza por la medición de distancias, circunferencias y pesos, todos estos valores son uni-dimensionales (Bubb, 2004). Sin embargo, actualmente con la introducción de la tecnología computacional es posible crear

imágenes tridimensionales del ser humano (Bubb, 2004). Para el uso de dichas medidas tridimensionales se utilizan las medidas unidimensionales tradicionales así como medición de fuerzas (Bubb, 2004). Esta es una nueva forma de obtener medidas antropométricas (Bubb, 2004).

Los desórdenes músculo-esqueléticos son cada vez más comunes, los riesgos de los mismos incluyen factores como posturas estáticas, posturas incómodas, elevados niveles de fuerza, presión y repetición (Lueder & Allie, 2013). La mayoría de ellos se producen por un mal acoplamiento del puesto de trabajo a la persona (Chung & Wong, 2007). Las medidas antropométricas se utilizan para diseñar los puestos de trabajo, equipos y herramientas (Behara & Das, 2012). Según Tichauer (1975), en Behara & Das (2012), es esencial que los controles, materiales, herramientas y equipos que requieren de operaciones manuales sean ubicados de manera que puedan ser alcanzados y operados de manera eficiente y segura. La antropometría es una rama de la antropología física que trata de mediciones y dimensiones del cuerpo humano (Fernández, Marley, Noriega, & Ibarra, 2008).

Existen un sinnúmero de medidas antropométricas que se le pueden realizar al cuerpo humano (NASA, 1978). Todos los días se utilizan artefactos y equipos físicos, así como instalaciones, los cuales no son adecuados por sus características de diseño (Sanders & McCormick, 1993). Algunos ejemplos de esto son los inodoros que son muy bajos, sillas que no son cómodas al momento de sentarse, estanterías que no se pueden alcanzar por ser excesivamente altas, pantalones que se ajustan a la cintura pero aprietan en los muslos, entre otros (Sanders & McCormick, 1993).

Se han realizado bastantes estudios sobre antropometría en puestos de trabajo, haciendo una revisión sobre los mismos se pueden destacar los mencionados a continuación.

Es importante mencionar que más adelante en el

CAPÍTULO 3: en la sección Análisis de investigaciones y estudios anteriores relacionados al tema, en la Tabla 2 se presentan las medidas antropométricas recopiladas los estudios mencionados. El estudio de los autores Lavander, Marras y Sabol (2010), analiza las medidas antropométricas útiles para el diseño de los puestos de trabajo en una empresa de fabricación de motores eléctricos en Reynosa, México. Muchos de los procesos y de la maquinaria no son diseñados específicamente para mexicanos lo que resulta en un mal acoplamiento del trabajo y se realizan esfuerzos posturales innecesarios (Lavander, Marras, & Sabol, 2002). El estudio de Lee, Jung, Jeong, Park, Cho, Kim (2013), es un análisis antropométrico sobre el diseño de los helicópteros. El análisis se realiza con el objetivo de determinar si el puesto de trabajo de los pilotos coreanos está de acuerdo a las medidas antropométricas de los mismos (Lee, y otros, 2013). Chung, Thomas y Wong (2007), evalúan el diseño del puesto de trabajo de los estudiantes en Hong Kong. Esto se realiza con el objetivo de determinar si el diseño de los muebles de la escuela es apropiado para la antropometría de los estudiantes (Chung & Wong, 2007). Por último, el estudio de Estrada, Camacho, Restrepo y otros, en 1998, es un artículo sobre los parámetros antropométricos de la población laboral colombiana en 1995. Se realizó con el objetivo de generar una base de datos antropométrica para tener una herramienta de trabajo que pueda utilizarse en el diseño de espacios, ropa de trabajo, equipos de protección personal, máquinas, equipos y lugares especiales de los trabajadores (Estrada, Camacho, Restrepo, & Parra, 1998).

### **Metodología**

La metodología del presente trabajo se basa en los siguientes pasos (Estrada, Camacho, Restrepo, & Parra, 1998):

1. Determinación de las herramientas a utilizar.
2. Capacitación y normalización de los evaluadores.
3. Entrenamiento de personas para la anotación de la información y definición del proceso de filtro de los evaluados.
4. Definición de la población y la muestra.
5. Caracterizar de manera antropométrica la población laboral quiteña, mediante tablas organizadas por edad, género y raza.

El proceso para realizar un diseño antropométrico básico, adaptado y modificado se describe en las etapas mencionadas a continuación (Kroemer, et, al 2001 y Pheasant y Haslegrave 2006 en (Fernández, Marley, Noriega, & Ibarra, 2008)

Etapa 1: Seleccionar las medidas antropométricas que corresponden a las especificaciones del diseño de arquitectura o ingeniería que son requeridas.

Etapa 2: Para cada requisito identificado en la Etapa 1, determinar si el diseño debe ajustarse a un percentil específico de la población o un rango.

Etapa 3: Aplicar los factores de corrección que sean necesarios: es apropiado considerar el uso de factores de corrección en varias medidas antropométricas.

Etapa 4: Integrar las especificaciones de diseño seleccionadas en un modelo y estimar su factibilidad así como también la interacción entre las características de ingeniería del sitio.

## CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO

### **Antropometría**

#### **Antropometría.**

La antropometría es la disciplina que describe las diferencias cuantitativas de las medidas del cuerpo humano, estudia las dimensiones tomando como referencia distintas estructuras anatómicas, y sirve de herramienta a la ergonomía con objeto de adaptar el entorno a las personas (Mondelo, Gregori, & Barrau, 2000).

La antropometría y los campos de la biomecánica afines a ella tratan de medir las características físicas y las funciones del cuerpo, incluidas las dimensiones lineales, peso, volumen, tipos de movimiento, etc. (McCormick, 1976). En términos generales, las mediciones de las dimensiones del cuerpo son de dos clases, a saber: las dimensiones estructurales o estáticas, y las dimensiones funcionales o dinámicas (McCormick, 1976). La antropometría estática mide las diferencias estructurales del cuerpo humano, en diferentes posiciones, sin movimiento (Mondelo, Gregori, & Barrau, 2000). Mientras que la antropometría dinámica considera las posiciones resultantes del movimiento, ésta va ligada a la biomecánica (Mondelo, Gregori, & Barrau, 2000).

La antropometría se divide en tres grandes ramas:

- Antropometría estática: trata las dimensiones del cuerpo humano cuando éste se encuentra en reposo (Fernández, Marley, Noriega, & Ibarra, 2008). Este tipo de mediciones ayuda al ergonomista a ajustar el sitio de trabajo al trabajador (Fernández, Marley, Noriega, & Ibarra, 2008). Un ejemplo de este tipo de medidas antropométricas es la estatura del individuo.

- Antropometría dinámica: trata las dimensiones del cuerpo humano cuando éste se encuentra en movimiento (Fernández, Marley, Noriega, & Ibarra, 2008). Este tipo de mediciones ayuda al ergonomista a determinar si el trabajador puede operar en un sitio de trabajo determinado (Fernández, Marley, Noriega, & Ibarra, 2008). Un ejemplo de este tipo de medidas antropométricas corresponde al movimiento de alcance.
- Antropometría Newtoniana: trata las dimensiones del cuerpo humano por segmentos del cuerpo para realizar análisis biomecánicos (Fernández, Marley, Noriega, & Ibarra, 2008). Un ejemplo de este tipo de medidas antropométricas es el centro de masa del brazo.

Los datos antropométricos se utilizan para diseñar puestos de trabajo que se ajusten al trabajador. Existen cuatro maneras de realizar el diseño.

- Diseño para un individuo: es cuando se diseña únicamente para un trabajador. Es el mejor diseño, pero es también el más costoso (Fernández, Marley, Noriega, & Ibarra, 2008)
- Diseño para un rango ajustable: es cuando se diseña para múltiples usuarios (Fernández, Marley, Noriega, & Ibarra, 2008). Un ejemplo es el diseño para el rango del 5 al 95 percentil. Puede ser costoso y puede ser necesario realizar ajustes para aquellos que queden fuera del rango (Fernández, Marley, Noriega, & Ibarra, 2008).
- Diseño para extremos de la población: son utilizados, por lo general, para el diseño del tamaño de la puerta o la altura de repisas. Se diseña para mujeres

pequeñas (5to percentil) y hombres grandes (95 percentil) (Fernández, Marley, Noriega, & Ibarra, 2008).

- Diseño para el promedio de la población: no es recomendado ya que la persona promedio no existe (Behara & Das, 2012). La persona “media” no existe, ya que aunque alguna de sus medidas corresponda con la media de la población es seguro que no ocurrirá con el resto (Mondelo, Gregori, & Barrau, 2000). En una revisión de personal efectuada en Air Force (USA), se comprobó que de 4.000 sujetos, ninguno se encontraba en el intervalo del 30% de la media en una serie de 10 mediciones. Sin embargo se aplica para diseñar instalaciones públicas y periodos de corta duración (Fernández, Marley, Noriega, & Ibarra, 2008).

### **Medidas antropométricas.**

Las medidas antropométricas son medidas del cuerpo humano que posee una población. (Mondelo, Gregori, & Barrau, Ergonomía 1: Fundamentos, 2000). Por lo general, las medidas son de segmentos del cuerpo humano. El uso de las medidas depende de la aplicación funcional que se les dará a las mismas (Mondelo, Gregori, & Barrau, Ergonomía 1: Fundamentos, 2000). Existen aproximadamente 250 medidas antropométricas (NASA, 1978). Para llevar a cabo las mediciones se utilizan varios instrumentos como por ejemplo: antropómetro, goniómetro, calibrador de piel plegada, calibrador de deslizamiento, cinta métrica, compás, tabla osteométrica, palómetro, orbitómetro, báscula, entre otros (Cruz & Garnica, 2006). Para el diseño de puestos de trabajo se deben tomar en cuenta varias medidas antropométricas. Dentro de las principales que vale la pena mencionar están (Fernández, Marley, Noriega, & Ibarra, 2008):

- Estatura: Distancia vertical del piso a la corona de la cabeza. La principal aplicación es la de estimar la altura en áreas de trabajos de pie.
- Altura del ojo: Es la distancia vertical del piso al canto interno o al lagrimal del ojo. Su principal aplicación es para la localización de indicadores y definir la altura de obstrucciones a la vista.
- Altura del hombro: Es la distancia vertical del piso al proceso acromial. La principal aplicación de la medida es la de determinar zonas cómodas para movimientos de alcance.
- Altura del codo: Es la distancia vertical del piso al radio del huesito en la sección proximal del radio. La aplicación de dicha medida es servir de referencia para la altura de superficies de trabajo.
- Altura de la cadera: Es la distancia vertical del piso al trocánter mayor, al hueso en la parte proximal lateral del muslo. Su principal aplicación es la de centro de rotación de la cadera y longitud funcional del miembro inferior.
- Altura de los nudillos: es la distancia vertical del piso al tercer metacarpiano, nudillo del dedo medio. Sirve de referencia para la sujeción manual y la altura óptima para ejercer fuerza para levantamiento.
- Altura de los dedos: Es la distancia vertical del piso a la punta del dedo medio. Es la altura mínima para controles operados con los dedos.
- Altura posición sentado: Es la altura del asiento a la corona de la cabeza. Su aplicación es la distancia del asiento a obstáculos arriba de la cabeza.

Dependiendo del tipo de diseño de trabajo que se desee realizar hay medidas más relevantes según el caso.

### **Diseño del puesto de trabajo.**

Para entender lo que es el diseño del puesto de trabajo primero es importante definir lo que es un puesto de trabajo. Un puesto de trabajo es donde una o varias personas desarrollan diariamente una actividad, al menos una tercera parte del día (Mondelo, Gregori, Bombardo, & Blasco, 2008). Diseñar puestos de trabajo abarca una amplia gama de elementos relacionados con el trabajador; abarca desde describir las responsabilidades del trabajador hasta la estructura y ubicación del puesto como tal (Hitt, Black, & Porter, 2006).

Para el diseño del puesto de trabajo es necesario tomar en cuenta la postura del operario, ya sea parado o sentado. De esto surge el análisis de parámetros como: naturaleza del puesto de trabajo (puesto fijo, puesto variable), la manipulación de cargas (pequeñas cargas, cargas pesadas) y la movilidad del operario (cantidad de veces que se levanta el operario por hora) para tomar en cuenta el diseño del puesto de trabajo (Mondelo, Gregori, & Barrau, Ergonomía 1: Fundamentos, 2000).

### **Enfermedades laborales.**

Una enfermedad laboral, también conocida como enfermedad profesional consiste en el deterioro lento de la salud del trabajador, producido por una exposición continuada a lo largo del tiempo a determinados contaminantes presentes en el ambiente de trabajo (González, Floría, & Maestre, 2006). Al contrario de los accidentes laborales, las enfermedades laborales suponen un daño para la salud de los trabajadores y tarda mucho tiempo en manifestarse (González, Floría, & Maestre, 2006).

### **Trastornos musculoesqueléticos.**

Los trastornos musculoesqueléticos son lesiones de los músculos, tendones, ligamentos que suelen afectar las manos, muñecas, codos, hombros, columna, rodillas o pies

(Ruiz, Floría, & Maestre, 2003). Estas lesiones pueden ser causadas por factores dependientes de una incorrecta organización del trabajo; factores dependientes del mismo individuo tales como lesiones preexistentes y condiciones ergonómicas y ambiente de trabajo no satisfactorio (Ruiz, Floría, & Maestre, 2003).

### **Poblaciones militares.**

La antropometría para el diseño tuvo su auge en la segunda guerra mundial, cuando la interface humano-tecnología alcanzó niveles complejos de datos antropométricos (Karwowski, 2006). Dentro de los principales estudios realizados antiguamente se encuentran, el estudio realizado a los soldados durante la segunda guerra mundial en Estados Unidos. En 1942 se estudiaron 28 medidas antropométricas a 2961 cadetes y 584 tiradores. En la tabla generada se presentaban datos como la media, rango, percentiles y una breve descripción y procedimiento de cada medida (NASA, 1978).

En 1946 se analizaron 65 dimensiones en 85,000 soldados y se realizaron 43 medidas. Las edades iban desde 15 años hasta “más de 40”; 40% de los sujetos pertenecían al grupo de edades: 18-19 años, 16% eran 30 años o más y únicamente 3% eran 35 o más. El reporte incluye media, desviación estándar, fotografías y descripción de las medidas y unas tablas con frecuencias (NASA, 1978).

Un esfuerzo mayor lo ha logrado la NASA quien ha realizado un manual que incluye medidas para toda clase de puestos de trabajo. Dicho manual es una recopilación de 61 encuestas a poblaciones militares y civiles que presenta de manera clara las medidas antropométricas investigadas (NASA, 1978).

En 1988, en Estados Unidos se realizó un análisis antropométrico del personal de la Armada Nacional (Kroemer, Kroemer, & Kroemer-Elbert, 2001). Se midieron 2208 mujeres y

1774 hombres. Dichas subpoblaciones fueron elegidas de manera que se cumplieran las proporciones de edad y de etnias de la población militar en cuestión (Kroemer, Kroemer, & Kroemer-Elbert, 2001). El estudio contiene aproximadamente 180 medidas el cuerpo humano. La tabla antropométrica generada es una de las menos sesgadas para predecir la población adulta estadounidense (Kroemer, Kroemer, & Kroemer-Elbert, 2001).

Desde entonces se han realizado varios estudios en todo tipo de poblaciones militares estadounidenses. Dichas medidas han contribuido significativamente en el desarrollo y ajuste de puestos de trabajo para cada una de las áreas.

En países latinoamericanos, como Colombia, se han llevado a cabo investigaciones en las que se demuestra que no existe un perfil antropométrico para militares. Se sabe que la condición física y el perfil antropométrico inciden directamente sobre la capacidad de combate. Sin embargo, no se cuenta con tablas antropométricas que describan el perfil físico y antropométrico de los soldados colombianos (Quiñones & Ramirez, 2009). De igual manera, en Argentina, el proceso de selección de militares, consta de exámenes escritos y exámenes de aptitud física donde no se toman en cuenta las medidas antropométricas sino únicamente la capacidad de realización de ciertos ejercicios aeróbicos (Sistema de Incorporación al Ejército, 2014). Así mismo, en el Ecuador no existen investigaciones en cuanto al perfil antropométrico que debe tener un militar o policía.

### **Raza y etnia.**

Según la Real Academia de la lengua la raza es la casta o calidad del origen o linaje. Mientras que por etnia se entiende una comunidad humana definida por afinidades raciales, lingüísticas, culturales, etc (RAE, 2014). Se puede observar que la etnia abarca el término raza. El concepto raza sirve para identificar a un grupo de personas con rasgos biológicos y

físicos similares (Sepúlveda, 2010). Por otro lado, el concepto de etnia abarca grandes grupos de personas que han sido clasificadas según su origen común de tipo racial, nacional, cultural, de religión, etc (Sepúlveda, 2010).

### **Policía Nacional del Ecuador. Distrito “La Delicia”.**

La Policía Nacional del Ecuador es una de las organizaciones con mayor prestigio y reconocimiento dentro de la sociedad. Hace más de 30 años, los estándares para ser parte de la organización se basaban en el nivel de educación, para policías se solicitaba como mínimo el cumplimiento de la educación primaria, mientras que para los oficiales se solicitaba el nivel de educación secundario (Palacios, 2014). En la actualidad, todos los aspirantes a policías y oficiales tienen que tener como mínimo el título de bachiller de la República (Palacios, 2014). A las personas con un título universitario se les da una prioridad frente al resto (Palacios, 2014). Además del nivel educativo, los policías deben cumplir ciertos estándares físicos: para oficiales, la estatura mínima requerida es de 168 cm para hombres y 160 cm para mujeres; para policías, la estatura mínima para los hombres de 165 cm y 155 cm para las mujeres (Palacios, 2014). En el momento de admitir a un nuevo aspirante, se le hacen pruebas psicológicas, físicas, médicas y académicas (Palacios, 2014). Además se les exige referencias de honorabilidad, un récord policial limpio y se les ejecutan pruebas de criminalística (pruebas documentales y dactilares) (Palacios, 2014).

En cuanto a la presencia del género femenino en la institución policial, existen miembros de la organización hace más de 40 años (Palacios, 2014). Las cuales contaban con algún rango policial pero generalmente ejercían trabajos administrativos y de soporte (Palacios, 2014). Desde 1981, empezaron las policías mujeres a ejercer trabajos de línea u

operativas (Palacios, 2014). Además, desde el 2001, todos los años han ingresado mujeres aspirantes a formar parte de la organización (Palacios, 2014).

El Distrito de Policía “La Delicia” es uno de los centros de mando más importantes de la Policía Nacional en Quito, cuenta con 520 policías, entre suboficiales y oficiales (Palacios, 2014). Ubicado al norte de la ciudad en la avenida Del Maestro y Juan Molineros, en “La Delicia” se coordinan las actividades policiales de las siguientes parroquias (Palacios, 2014):

- Calacalí
- Nono
- Perucho
- San José de Minas
- Atahualpa
- San Antonio
- Pomasqui
- Comité del Pueblo
- La Bota
- Carcelén
- Ponciano
- Condado
- Cotocollao
- Colinas del Norte
- Roldós

## **Estadística relacionada**

### **Aleatorización.**

La aleatorización es una técnica con base estadística que permite la homogenización de grupos (Aranu, Anguera, & Gomez, 1990). Aleatorizar es asignar a la unidad experimental un mecanismo de azar; éste puede ser una tabla de números aleatorios, monedas, dados, etc. (Díaz, 2009). Los mecanismos mencionados son mecanismos de selección de los datos a medir. La aleatorización es la garantía contra la presencia de sesgos o errores sistemáticos y permite la obtención de conclusiones estadísticas robustas (Romero & Zúnica, 2010). El principal objetivo de la aleatorización es asegurar la obtención de estimadores insesgados o válidos del error experimental. Además, permite asegurarse de que la muestra no estará favorecida por alguna fuente de variación conocida o desconocida; tiende a eliminar la correlación entre errores que se presentan en ensayos sistemáticos, lo que otorga validez a las pruebas de hipótesis (IICA, 2004).

### **Medidas de tendencia central.**

Existen tres principales medidas para la tendencia central de los datos:

- **Mediana:** divide los datos ordenados en dos partes iguales, la mitad queda abajo de la mediana, y la mitad queda arriba de ella (Montgomery & Runger, 2009). Si el número de observaciones es par, la mediana está a la mitad de los valores centrales. Si el número de observaciones es impar, la mediana es el valor central (Montgomery & Runger, 2009).
- **Moda:** es el valor que ocurre con mayor frecuencia (Montgomery & Runger, 2009).

- **Media:** es el valor promedio de todas las observaciones del conjunto de datos. Por lo general, estos datos son una muestra de observaciones que se ha seleccionado de una población de observaciones más grande (Montgomery & Runger, 2009).

Los datos también pueden dividirse en más de dos partes (Montgomery & Runger, 2009). Cuando un conjunto ordenado de datos se divide en cuatro partes iguales, los puntos de división se denominan cuartiles. El primer cuartil, o cuartil inferior, es un valor que tiene aproximadamente una cuarta parte (25%) de las observaciones debajo de él y aproximadamente 75% de las observaciones por encima (Montgomery & Runger, 2009). El segundo cuartil tiene aproximadamente la mitad (50%) de las observaciones debajo de su valor. El segundo cuartil es exactamente igual a la mediana (Montgomery & Runger, 2009). El tercer cuartil tiene aproximadamente tres cuartas partes (75%) de las observaciones debajo de su valor (Montgomery & Runger, 2009).

### **Medidas de variabilidad.**

Existen cuatro principales medidas para la variabilidad:

1. **Rango intercuartílico:** se define como la resta entre el tercer cuartil y el primer cuartil (Montgomery & Runger, 2009). Puede usarse como medida de variabilidad. El rango intercuartílico es menos sensible a los valores extremos de la muestra que el rango muestral ordinario (Montgomery & Runger, 2009).
2. **Rango de la muestra:** se define como la resta entre el valor máximo de la muestra y el valor mínimo de la misma (Montgomery & Runger, 2009).
3. **Desviación estándar:** es la cantidad promedio en que cada uno de los puntajes individuales varía respecto a la media del conjunto de puntajes. Cuanto mayor es la desviación estándar, más variable es el conjunto de puntajes (Salkind, 1999).

4. Varianza: es la mínima desviación posible por calcularse con respecto a la media (Fernández, Cordero, & Córdoba, 2002).

### **Estudios Gage R&R.**

Los estudios Gage R (repetibilidad) & R (reproducibilidad) son de suma importancia ya que permiten analizar el instrumento de medición y la calidad de los datos tomados (Miranda Rivera, 2006). Estos estudios toman en cuenta la variación del operador o quien utiliza el instrumento, la variación del instrumento o equipo de medición, la variación conjunta de los dos, la variación de la característica y la variación total (Miranda Rivera, 2006). Normalmente el valor R&R no deberá rebasar el 30% con respecto a la variación total o la tolerancia para considerar que se tiene un sistema de medición confiable (Miranda Rivera, 2006).

El análisis de repetibilidad sirve para determinar la cercanía que existe entre los datos tomados al mismo sujeto de medición, bajo las mismas condiciones de medidas (Restrepo, 2007). La repetibilidad representa la variación producida por el instrumento de medición. Para llevar a cabo un análisis de repetibilidad es necesario tomar en cuenta que el procedimiento de medición, el observador, el instrumento de medición, el lugar, las condiciones ambientales deben ser las mismas y además, la repetición de la medición debe ser en un corto período de tiempo (Restrepo, 2007). Por otro lado, en análisis de reproducibilidad ayuda a determinar la variación producida por un mismo operador; es la capacidad de mantener o reproducir un valor (Restrepo, 2007).

El procedimiento para realizar el análisis R&R según (Restrepo, 2007) es el siguiente:

- Se toman e identifican los objetos por medir (se recomienda un tamaño de muestra 10)

- Cada operador debe efectuar la medición de los objetos tomados al azar y registrar la información.
- Se repite la serie de mediciones por lo menos dos veces con cada operador.
- Se calcula el promedio de cada serie de medición realizada por cada operador.
- Se obtiene el promedio de los promedios de cada serie y de cada operador.
- Se obtiene el rango de cada serie de medición realizada por cada operador.
- Se obtiene el rango de las mediciones de las 3 series para cada objeto y cada operador.
- Calcular el promedio de los rangos de cada operador.
- Se obtiene el promedio de los rangos de todos los operadores.

Para estimar el error de repetibilidad se emplea la siguiente fórmula:

$$\sigma_{repetibilidad} = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (1)$$

$$Error\ de\ repetibilidad = \sigma_{repetibilidad} * 6 \quad (2)$$

Donde  $\bar{R}$  es el promedio de los rangos y  $d_2$  es una constante tabulada. A la variable aleatoria  $W = R/\sigma$  se le llama el rango relativo (Montgomery D. , 2010). La distribución de  $W$  se ha estudiado a fondo (Montgomery D. , 2010). La media de  $W$  es una constante  $d_2$  que depende del tamaño de la muestra (Montgomery D. , 2010). Es decir,  $E(W) = d_2$  (Montgomery D. , 2010). Por lo tanto, un estimador insesgado de la desviación estándar  $\sigma$  de una distribución normal es:

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (3)$$

En este caso,  $d_2$  depende del número de mediciones realizadas, que usualmente son 2 o 3, y por lo tanto tiene un valor de 1.128 o de 1.693, respectivamente. La multiplicación por 6 representa la cobertura que acerca el resultado al 99.73% del valor verdadero.

Para estimar el error de reproducibilidad se emplea la siguiente fórmula:

$$\sigma_{reproducibilidad} = \frac{R}{d_2} * 6 \quad (4)$$

Donde

$$R = \bar{\bar{x}}_{max} - \bar{\bar{x}}_{min} \quad (5)$$

$$Error\ de\ reproducibilidad = \sigma_{reproducibilidad} * 6 \quad (6)$$

$\bar{\bar{x}}_{max}$  es el promedio de los promedios de las mediciones máximo entre los dos operadores y  $\bar{\bar{x}}_{min}$  es el promedio de los promedios de las mediciones mínimo de los dos operadores. Al igual que anteriormente  $d_2$  es una constante tabulada; en este caso, la constante depende del número de operadores que miden. Por lo tanto  $d_2$  para el presente trabajo, en el cálculo de reproducibilidad es 1.128. La multiplicación por 6 representa la cobertura que acerca el resultado al 99.73% del valor verdadero.

La precisión de la prueba se encuentra de la siguiente manera:

$$Precisión\ de\ la\ prueba = P = 6 \sqrt{\sigma_{reproducibilidad}^2 + \sigma_{repetibilidad}^2} \quad (7)$$

Se debe establecer un nivel de tolerancia (T) que represente el nivel máximo de variación permitido en la medición. De esta manera el criterio de rechazo de la prueba es el siguiente:

Si  $\frac{P}{T} \leq 10\%$  las mediciones son confiables en cuanto al equipo y a los operadores.

Sin embargo, si  $\frac{P}{T} \leq 30\%$  para medidas que no son críticas dentro del proceso, también se puede afirmar que las mediciones son confiables.

En MINITAB 16 es posible realizar el análisis R&R. Existen tres tipos de estudios R&R presentados por el software mencionado: cruzado, anidado y expandido. El estudio R&R cruzado se utiliza cuando cada parte se mide múltiples veces por cada operador; el estudio

R&R anidado cuando cada parte se mide por un operador; el estudio R&R expandido se utiliza cuando se necesita incluir más factores aparte de Operador y Parte, o cuando tenga factores fijos, o una mezcla de factores cruzados y anidados o un diseño no balanceado (MINITAB 16, 2013). En este caso se utiliza el “Estudio R&R del sistema de medición cruzado”, ya que cada operador medirá múltiples veces a diferentes sujetos.

### **Población y muestra.**

En estadística, uno suele estar interesado sobre información de un conjunto total de elementos, a este se lo conoce como población (Ross, Introducción a la estadística, 2007). Por lo general la población es demasiado grande para que se puedan examinar cada uno de los miembros (Ross, Introducción a la estadística, 2007). En tales casos, se intenta aprender sobre la población eligiendo a un subgrupo de sus elementos (Ross, Introducción a la estadística, 2007). Este subgrupo de la población se llama muestra. Para que la muestra proporcione información sobre la población total debe ser representativa de la población (Ross, Introducción a la estadística, 2007).

La elección del tamaño de muestra es crítico ya que para que la inferencia sobre la población sea válida el tamaño debe ser representativo (Montgomery & Runger, Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería, 2009). Las observaciones de la población determinan la distribución de probabilidad de la variable aleatoria (Montgomery & Runger, Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería, 2009). En el caso de las medidas antropométricas, las mismas siguen una distribución normal en la mayoría de los casos (Fernández, Marley, Noriega, & Ibarra, 2008). Suponiendo que se ha tomado una muestra aleatoria de una población muy grande (posiblemente infinita) y que  $X$  observaciones de la muestra pertenecen a la clase de interés entonces es posible estimar la proporción de la población que pertenece a

dicha clase (Montgomery & Runger, Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería, 2009).  $n$  y  $p$  son parámetros de la distribución binomial que es aproximadamente normal si  $p$  no está cerca ni a 0 ni a 1 y si  $n$  es relativamente grande. Es posible elegir el tamaño de muestra, para tener una confianza del  $100(1-\alpha)$  por ciento de que el error sea menor que un valor especificado  $E$  (Montgomery & Runger, Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería, 2009). El tamaño de muestra apropiado, para una población infinita con las características mencionadas anteriormente está dado por:

$$n = \left( \frac{z_{\alpha/2}}{E} \right)^2 p(1 - p) \quad (8)$$

Para utilizar la ecuación presentada es necesario tener una estimación de  $p$ , que es la proporción de la población que posee la característica de interés del estudio en cuestión. Esta proporción está directamente ligada al tamaño de muestra, para de esta manera inferir sobre la población con un nivel de confianza ya establecido previamente. Es posible elegir  $n$  de manera que el tamaño de muestra sea siempre un máximo cuando  $p=0.5$  (es decir  $p(1-p)=0.25$ ), para encontrar una cota superior de  $n$ . Es decir, se tiene una confianza de al menos  $100(1 - \alpha)$  por ciento de que el error es menor a  $E$  si el tamaño de muestra es elegido con un  $p=0.5$  (Montgomery & Runger, Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería, 2009).

Para el presente estudio, se sabe que existe una proporción de la población a la cual no es posible tomar las medidas antropométricas de interés, ya sea por algún tipo de discapacidad física o por falta de voluntad en colaboración con el estudio. Para no estimar esta proporción, se ha decidido tomar una muestra con una cota superior de  $n$ , cuando  $p=0.5$ .

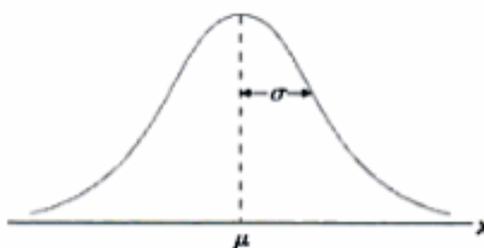
Por otro lado, si se conoce la población, es posible calcular el tamaño de muestra a partir de la siguiente fórmula (Martínez, 2002):

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2 Z^2} \quad (9)$$

Donde  $n$  es el tamaño de la muestra necesario,  $N$  es el tamaño de la población,  $\sigma$  es la desviación estándar de la población,  $Z$  es el valor correspondiente a una confianza establecida,  $e$  es el límite aceptable del error muestral (Martínez, 2002). Cuando no se conoce la desviación estándar de la población es posible asumir un valor de 0,5. Además, por lo general el error aceptable tiene un rango de 0,01 a 0,09 (Martínez, 2002). En este caso se establece una confianza del 95% por lo que el valor de  $Z$  es 1.96 (encontrado en las tablas de la distribución normal para una confianza del 95%).

### **Distribución normal.**

La distribución normal es la distribución continua más importante en el campo de la estadística. Muchos de los fenómenos que ocurren en la naturaleza, la industria y la investigación pueden ser descritos por la distribución normal (Walpole, Myers, & Myers, 1999). Esta distribución tiene una forma de campana como la mostrada en la Imagen 1, mostrada a continuación:



*Imagen 1: Imagen Obtenida de: (Walpole, Myers, & Myers, 1999)*

Una variable aleatoria continua  $X$  que tiene la distribución en forma de campana se llama variable aleatoria normal. La ecuación matemática para la distribución de probabilidad de la variable aleatoria normal depende de los dos parámetros  $\mu$  (media) y  $\sigma$  (desviación estándar). Una vez especificados los valores de  $\mu$  y  $\sigma$  la curva queda determinada por completo

(Walpole, Myers, & Myers, 1999). Dentro de las principales características de la curva normal según (Walpole, Myers, & Myers, 1999) se encuentran:

- La moda, que es el punto sobre el eje horizontal donde la curva es un máximo ocurre en  $x = \mu$ .
- La curva es simétrica alrededor de un eje vertical a través de la media  $\mu$ .
- La curva tiene sus puntos de inflexión en  $x = \mu \pm \sigma$ ,
- La curva normal se aproxima al eje horizontal de manera asintótica conforme nos alejamos de la media en cualquier dirección.
- El área total bajo la curva y sobre el eje horizontal es igual a 1.

Una variable aleatoria  $X$  con media  $-\infty < \mu < \infty$  y varianza  $\sigma^2 > 0$  tiene una función de densidad de probabilidad:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right], -\infty < x < \infty \quad (10)$$

La notación utilizada para la distribución normal es la siguiente:  $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ , esto significa que una variable aleatoria  $X$  distribuye normal con media  $\mu$  y varianza  $\sigma^2$  (Banks, Carson II, Nelson, & Nicol, 2004).

### **Pruebas de hipótesis.**

Una hipótesis estadística es una proposición sobre los parámetros de una o más poblaciones (Montgomery & Runger, Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería, 2009). Un procedimiento que conduce a una decisión sobre una hipótesis en particular recibe el nombre de prueba de hipótesis (Montgomery & Runger, Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería, 2009). Para contrastar una hipótesis estadística, es necesario tomar la decisión de si la hipótesis es o no es consistente con los datos (Ross, Introducción a la

estadística, 2007). La hipótesis estadística que se desea contrastar se denomina hipótesis nula y se denota como  $H_0$ ; es una sentencia acerca del parámetro de la población (Ross, Introducción a la estadística, 2007). La hipótesis alternativa es aquella, que se contrasta con la hipótesis nula, se denota por  $H_1$  (Ross, Introducción a la estadística, 2007). La hipótesis nula se rechaza cuando no existe una consistencia con los datos muestrales, en el caso de que sí exista consistencia ésta no se rechaza (Montgomery & Runger, Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería, 2009).

Para tomar la decisión de rechazar o no rechazar la hipótesis nula es necesario establecer un estadístico de prueba. El estadístico de prueba es aquel valor que se estima que tendrán los datos de la muestra y se determina a partir de los mismos (Ross, Introducción a la estadística, 2007). Del mismo modo, para saber si rechazar o no es necesario definir el conjunto de valores del estadístico de prueba para los que se rechaza la hipótesis nula, esto se conoce como región crítica o región de rechazo (Montgomery & Runger, Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería, 2009). Entonces:

- Se rechaza  $H_0$  si el estadístico de prueba está en la región de rechazo.
- No se rechaza  $H_0$  si el estadístico no está en la región de rechazo.

El rechazo de la hipótesis nula es una conclusión más robusta que el no rechazo de la misma.

Para probar una hipótesis nula es necesario fijar un valor de significancia ( $\alpha$ ). El nivel de significancia, es interpretado como la probabilidad del error tipo I. El error tipo I es el rechazo de la hipótesis nula cuando ésta es verdadera (Montgomery & Runger, Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería, 2009).

### **Valor p.**

El valor  $p$  es el menor nivel de significación al que se debería rechazar la hipótesis nula con los datos disponibles (Ross, Introducción a la estadística, 2007). Un valor  $p$  pequeño (0.05 o menos) es un fuerte indicador de que la hipótesis nula no es cierta (Ross, Introducción a la estadística, 2007). Entre más pequeño sea el valor  $p$  mayor es la evidencia sobre la falsedad de la hipótesis nula. El valor  $p$  es el nivel de significancia al cual se rechaza  $H_0$  para un valor dado del estadístico de prueba (Banks, Carson, Nelson, & Nicol, 2005). Dicho de otra manera, el valor  $p$  es la probabilidad de rechazar la hipótesis nula equivocadamente (Montgomery D. C., 2011).

### **Prueba de Anderson- Darling.**

La prueba Anderson- Darling es una prueba para determinar en qué grado los datos siguen una distribución específica (MINITAB 16, 2013). Sirve para comparar el ajuste de diferentes distribuciones o para probar que los datos provienen de una población con una distribución específica (MINITAB 16, 2013). Se basa en la diferencia que existe entre la función de probabilidad acumulada (cdf) de una distribución empírica y la cdf de la distribución que se desea probar (Banks, Carson II, Nelson, & Nicol, 2004). Las hipótesis de la prueba Anderson- Darling son:

- $H_0$ : los datos siguen una distribución especificada
- $H_1$ : los datos no siguen una distribución especificada

Para saber si la hipótesis nula se rechaza o no se rechaza es necesario analizar el valor  $p$  de la prueba. Si el valor  $p$  es bastante alto indica un buen ajuste de la distribución especificada a los datos, mientras que un valor  $p$  pequeño sugiere un ajuste no adecuado (Banks, Carson II, Nelson, & Nicol, 2004). La prueba se basa en una medida más comprensiva de la diferencia (no solamente la diferencia máxima) y es más sensible a discrepancias en las

colas de la distribución (Banks, Carson II, Nelson, & Nicol, 2004). Los valores críticos de Anderson- Darling dependen bastante de la distribución candidata y en la estimación de los parámetros (Banks, Carson II, Nelson, & Nicol, 2004).

### **Prueba Kolmogorov-Smirnov.**

La prueba Kolmogorov- Smirnov (KS) mide el grado en que el que se ajusta la distribución de una muestra a una distribución teórica. Las hipótesis de la prueba KS son las siguientes:

- $H_0$ : No existe diferencia significativa entre la distribución de la muestra y la distribución teórica
- $H_1$ : Existe diferencia significativa entre la distribución de la muestra y la distribución teórica

El estadístico de prueba en la prueba KS es D

$$D = \max[F_n(x) - F_0(x)] \quad (11)$$

Donde  $F_n(x)$  es la función de distribución muestral y  $F_0(x)$  la función de distribución teórica (Arvelo, 1998). El procedimiento de la prueba consiste en comparar la función de distribución teórica  $F_0(x)$ , con la distribución acumulada de frecuencias relativas de la muestra  $F_n(x)$  (Arvelo, 1998). Si el ajuste es satisfactorio la diferencia entre ambas debería ser bastante pequeño (Arvelo, 1998).

### **Intervalos de confianza.**

Los intervalos de confianza (IC) son límites estimados sobre el parámetro de la población (Montgomery & Runger, Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería, 2009). La longitud IC provee de información sobre la precisión de la estimación; se construye con el fin de tener una mayor confianza de que el parámetro estimado de la población esté contenido.

El intervalo de confianza para la media cuando la muestra es mayor a 40 ( $n > 40$ ) se pueden calcular por medio de un IC para muestras grandes. Este tipo de IC no requiere la asunción de que la distribución de la población es normal (Montgomery & Runger, Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería, 2009). Si  $X_1, X_2, \dots, X_n$  es una muestra aleatoria de una población con media  $\mu$  y varianza  $\sigma^2$  desconocida y  $n$  es grande, el teorema del límite central implica que  $\bar{X}$  es aproximadamente normal con media  $\mu$  y varianza  $\sigma^2/n$ . Entonces,  $Z = (\bar{X} - \mu)/(\frac{\sigma}{\sqrt{n}})$  tiene aproximadamente una distribución normal estándar. Aunque  $\sigma$  sea desconocida, al ser  $n$  lo suficientemente grande puede ser reemplazada por la desviación estándar  $S$  de la muestra (Montgomery & Runger, Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería, 2009). Por lo tanto, según Montgomery & Runger (2009) el IC para  $\mu$  cuando la muestra es grande está dado por:

$$\bar{x} - z_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + z_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (12)$$

Con un nivel de confianza de aproximadamente  $100(1-\alpha)\%$ .

Si  $s^2$  es la varianza de la muestra aleatoria de  $n$  observaciones de una distribución normal con varianza desconocida  $\sigma^2$  el intervalo de confianza de  $100(1-\alpha)\%$  para la desviación estándar está dado por (Montgomery & Runger, Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería, 2009):

$$\sqrt{\frac{(n-1)}{\chi_{\frac{\alpha}{2}, n-1}^2}} * s \leq \sigma \leq \sqrt{\frac{(n-1)}{\chi_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1}^2}} * s \quad (13)$$

Donde  $\chi_{\frac{\alpha}{2}, n-1}^2$  y  $\chi_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1}^2$  son los  $100\alpha/2$  porcentajes superiores e inferiores de la distribución chi-cuadrado con  $n-1$  grados de libertad, respectivamente.

### Percentiles.

Si un conjunto de datos está ordenado por magnitud, el valor central (o la media de los dos centrales) que divide al conjunto en dos mitades iguales, es la mediana (Spiegel, 1988). Extendiendo esa idea, podemos pensar en aquellos valores que dividen al conjunto en cuatro partes iguales (Spiegel, 1988). Esos valores, denotados por  $Q_1$ ,  $Q_2$  y  $Q_3$ , se llaman primer, segundo y tercer cuartiles, respectivamente (Spiegel, 1988). El  $Q_2$  coincide con la mediana (Spiegel, 1988).

Análogamente, los valores que dividen a los datos en 10 partes iguales se llaman deciles, y se denotan  $D_1, D_2, \dots, D_9$ , mientras que los valores que los dividen en 100 partes iguales se llaman percentiles, denotados por  $P_1, P_2, \dots, P_{99}$  (Spiegel, 1988). El 5 decil y el 50 percentil coinciden con la mediana (Spiegel, 1988).

El percentil muestral de orden  $100p$  por ciento, donde  $p$  puede ser cualquier valor comprendido entre 0 y 1, es aquel valor de dato que tiene la propiedad de que al menos el  $100p$  por ciento de los valores de datos son menores o iguales que él y que al menos el  $100(1-p)$  por ciento de los valores de datos son mayores o iguales que él (Ross, Introducción a la estadística, 2007).

Si existen dos valores de datos que cumplen las condiciones anteriores, es necesario realizar una interpolación lineal entre ambos datos para encontrar el valor del percentil deseado (Spiegel, 1988). De esta manera, se presentan dos fórmulas que se utilizan para el cálculo del percentil, una para encontrar la posición dentro de los datos ordenados por la magnitud de su valor, y la otra para determinar el valor del mismo (Spiegel, 1988):

$$\left[ \frac{p(N-1)}{100} \right] + 1 = k.d \quad (14)$$

$$x_p = x_{[k]} + d(x_{[k+1]} - x_{[k]}) \quad (15)$$

Donde,  $p$  es el número del percentil deseado,  $N$  es el número de datos,  $k$  es el número de la posición,  $d$  es el decimal de la posición calculada,  $x_p$  es el valor del percentil deseado,  $x_{[k]}$  es el valor correspondiente a la posición  $k$  en los datos ordenados de manera ascendente (de menor a mayor) de acuerdo a su magnitud y  $x_{[k+1]}$  es el valor correspondiente a la posición  $k+1$  en los datos ordenados (Spiegel, 1988).

### **Parámetros del diseño antropométrico.**

La mayoría de las dimensiones del cuerpo humano en una población tiene una distribución normal. Esto hace que las estimaciones y los cálculos, puedan realizarse con facilidad (Valero Cabello, INSHT, 2010). Para el cálculo de probabilidades en distribuciones normales se utiliza un proceso de normalización dado por:

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (16)$$

Donde,

$Z$ : es el valor normal estándar que corresponde a una densidad acumulada de probabilidad

$x$ : es el valor de la dimensión medida

$\mu$ : es la media poblacional

$\sigma$ : es la desviación estándar poblacional

Entonces, con la aplicación de la fórmula, es posible evaluar los parámetros para el diseño antropométrico ya sea para determinar valores para las especificaciones de un diseño o para evaluar la inclusión de la población (Fernández, Marley, Noriega, & Ibarra, 2008).

### **Poblaciones combinadas.**

Cuando se diseña un producto a ser utilizado por una población combinada, el diseñador debe tomar en cuenta, de manera cuidadosa, los ajustes para las medidas a utilizar

(Córdova Vallejo & Fernandez, 1994). No se puede asumir, sin una verificación adecuada, que una población se asemeja a otra y por lo tanto las medidas antropométricas obtenidas con la primera se pueden aplicar a la segunda población para propósito de diseños de puestos de trabajo (Córdova Vallejo & Fernandez, 1994). Si las poblaciones combinadas consistentes de género o etnia no se consideran para el diseño ergonómico de equipos en general, el riesgo y costo de lesiones podrían incrementar (Córdova Vallejo & Fernandez, 1994). Por lo tanto, los puestos de trabajo necesitan ser diseñados y modificados de acuerdo a las características físicas particulares de los usuarios y los estándares de seguridad industrial establecidos (Córdova Vallejo & Fernandez, 1994).

Cuando se diseña ergonómicamente un puesto de trabajo o una herramienta, uno de los principales objetivos es acomodar la mayor cantidad posible de la población. Es por esto que es necesario que el equipo sea ajustable en tamaño y posición (Córdova Vallejo & Fernandez, 1994). De no ser posible un diseño ajustable desde el punto de vista de ingeniería algunas suposiciones deben ser realizadas por el ergonomista.

Por lo general, el diseñador debe intentar acomodar por lo menos el 90% de la población y tratar de incluir el 98% o más (Córdova Vallejo & Fernandez, 1994). Cuando existen poblaciones combinadas de género, es conveniente tener acceso a las medidas antropométricas de cada población por separado y no solamente a los datos mixtos, así como la distribución de probabilidad (Córdova Vallejo & Fernandez, 1994). Sin embargo, no siempre se tienen los datos mencionados y es necesario estimar los percentiles a partir de las poblaciones combinadas (Córdova Vallejo & Fernandez, 1994). Para esto se cuenta con dos métodos importantes:

- Método de Roebuck: en este método se asume que se conoce la proporción de cada población presente en la combinación; asume que para una medida antropométrica dada, los percentiles correspondientes a la dimensión antropométrica en cada sub población es conocida. El percentil correspondiente a la dimensión antropométrica de la población combinada está dado por la suma proporcional de los percentiles individuales (Córdova Vallejo & Fernandez, 1994).
- Método de Kroemer: en este método se asume que se conoce la proporción de las poblaciones combinadas. Para una dimensión antropométrica dada, los valores de  $z$  se encuentran para cada sub población presente en la combinación. Luego se calcula un valor de  $z$  ponderado. Con esta información se calcula el percentil.

Ambos métodos asumen que la población combinada sigue una distribución normal (Córdova Vallejo & Fernandez, 1994). Se debe tener mucho cuidado al combinar dos poblaciones porque aunque por separado sean normales, no siempre al combinarlas lo seguirán siendo (Córdova Vallejo & Fernandez, 1994). Bajo todas las circunstancias el método de Roebuck es apropiado y correcto mientras que el de Kroemer puede que no sea apropiado por la realización del cálculo que parte de la normalidad (Córdova Vallejo & Fernandez, 1994).

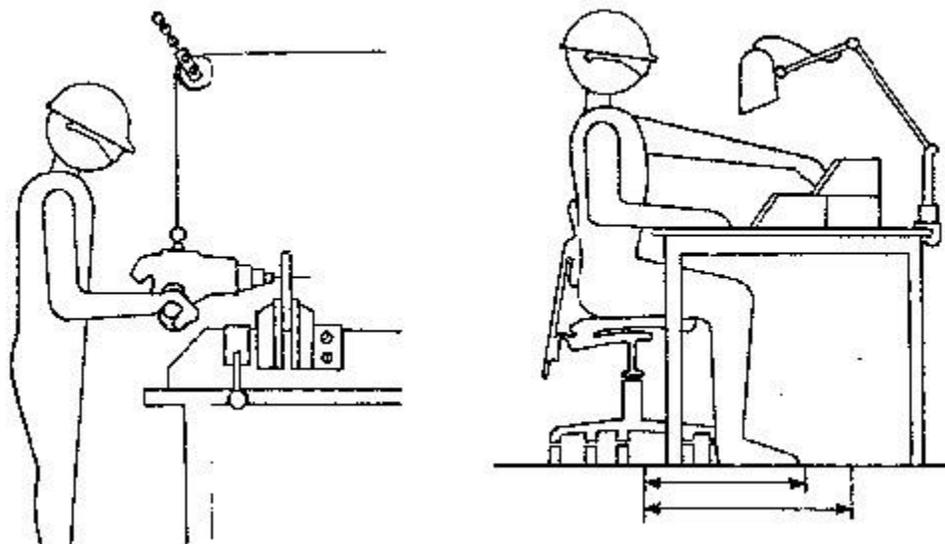
Por otro lado si la población para la cual se va a diseñar consta de un único género, el rango de diseño del quinto percentil masculino al valor del 95 percentil proporcionará teóricamente cobertura para el 90 por ciento de la población de usuarios (Hallbeck, 2003). Sin embargo, en una población mixta, la gama de diseño desde el quinto percentil femenino al 95 percentil masculino proporcionará, teóricamente, la cobertura de 95 por ciento no 90 por ciento de la población de usuarios (Hallbeck, 2003). El valor correcto es 95 percentil a causa de la Ley de Distribución de Algebra:  $m_A + m_B = m(A + B)$  (Hallbeck, 2003). En una

población mixta hombre/mujer, sea  $H$  el número de hombres y  $M$  el número de mujeres, entonces el número total de personas es  $(H + M)$  (Hallbeck, 2003). Dado que no existen hombres excluidos por el percentil 5 femenino y no hay mujeres excluidas por el percentil 95 masculino, entonces lo siguiente es cierto: se excluyen 5% de hombres, y se excluyen también el 5% de mujeres, que es igual a 5% de  $(H + M)$ , lo que significa que un 95 por ciento permanece después de la exclusión, no el 90 por ciento (Hallbeck, 2003).

### CAPÍTULO 3: MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS PARA EL DISEÑO DEL PUESTO DE TRABAJO DE TRABAJO

#### Investigación de las medidas más relevantes para el diseño del puesto de trabajo

Para determinar las medidas antropométricas es necesario analizar el tipo de puesto de trabajo que se requiere diseñar. En este caso específico, se desea diseñar un puesto de trabajo sentado/parado, con mesa (en caso de ser sentado) y necesidad de alcances verticales y horizontales. En la Imagen 2 a continuación se presenta lo antes mencionado:



*Imagen 2: Puestos de trabajo sentado y parado. Obtenido de: (Escuela Colombiana de Ingeniería, 2009)*

La Imagen 2 presenta los puestos de trabajo que se desea analizar. Para el puesto de trabajo parado, el mayor interés se presenta en los alcances, tanto vertical como horizontal de manera que las herramientas de trabajo sean fáciles de sujetar. Por otro lado, el puesto de trabajo sentado requiere de una mayor cantidad de medidas a tomar. Es necesario obtener medidas antropométricas tanto para el diseño de la silla como para el de la mesa.

Observando la Imagen 2 se puede revisar en la literatura las medidas antropométricas analizadas en puestos de trabajo semejantes. A continuación se presenta un análisis de investigaciones y estudios anteriores relacionados al tema.

#### **Análisis de investigaciones y estudios anteriores relacionados al tema.**

Se revisaron 4 estudios cuyo principal propósito es determinar las medidas de una población con el fin de utilizar dichas medidas en el diseño de puestos de trabajo, equipos de protección personal y uniformes (Lavender, Marras, & Sabol, 2002), (Lee, y otros, 2013), (Chung & Wong, 2007), (Estrada, Camacho, Restrepo, & Parra, 1998) y (García, 2010). Es importante mencionar que todos los estudios aquí enlistados surgen con la idea de suplir una falta de información necesaria sobre las dimensiones del cuerpo humano útiles para el diseño y elaboración de artefactos utilizados en las actividades industriales.

En la Tabla 2 a continuación, se presentan las medidas más comunes para diseñar puestos de trabajo similares a los de la Imagen 2, considerando cuatro casos de estudio y un laboratorio realizado en la Universidad San Francisco de Quito (USFQ). Es importante señalar que en la Tabla 2 se resaltan las medidas que son comunes al menos entre tres de los estudios presentados:

Medidas Antropométricas	(Lavender, Marras, Sabol, 2002)	(Lee, Young, Park, Cho, Kim, Park, You, 2013)	(Chung, Thomas, Wong, 2007)	(Estrada, Camacho, Restrepo, Parra, 1998)	Laboratorio ergonomía, USFQ
Estatura	x	x	x	x	x
Altura al ojo parado	x	x		x	
Altura acromial parado	x		x	x	
Altura de la muñeca parado				x	
Altura del dedo medio parado				x	
Altura al codo parado	x			x	
Altura al pliegue iliocristal/cresta iliaca medial	x			x	
Altura al ojo sentado	x	x		x	
Altura acromial sentado	x	x	x	x	
Altura al codo sentado	x			x	
Grosor del muslo sentado	x	x	x		x
Longitud del codo a la punta del pulgar	x	x			
Longitud del brazo estirado al frente	x				
Longitud desde la parte trasera al poplíteo sentado	x	x	x	x	x
Longitud desde la parte trasera hasta la rodilla sentado	x	x	x	x	x
Longitud del antebrazo (90° flexionado el codo)	x				
Longitud de la mano	x			x	
Profundidad del tronco desde el ombligo	x				
Profundidad del pecho desde el substernale	x	x			
Ancho de las caderas sentado	x	x	x	x	x
Fuerza de agarre	x				
Altura sentado sin erguirse		x		x	x
Altura sentado erguido				x	x
Diametro biacromial		x			
Perímetro del pecho		x		x	
Perímetro de la cintura		x		x	
Amplitud entre antebrazos		x			
Longitud del hombro al codo		x	x		
Alcance de la punta del pulgar		x			
Longitud del pie		x		x	
Altura del piso a la rodilla sentado		x	x	x	x
Altura del piso al poplíteo sentado		x	x	x	x
Grosor del muslo parado		x			
Longitud de la cadera a la rodilla			x		
Longitud de la rodilla al tobillo			x		
Altura del piso al tobillo			x		
Altura Alcance vertical máximo				x	
Perímetro hombros				x	
Perímetro umbilical				x	
Perímetro de la cadera				x	
Ancho de los hombros				x	
Anchura del tórax				x	
Anchura codo a codo				x	x
Perímetro cefálico				x	
Anchura de la cara				x	
Anchura transversal de la cabeza				x	
Anchura de la muñeca				x	
Altura al codo desde la superficie del asiento					x

Tabla 2: Información obtenida de (Lavender, Marras, & Sabol, 2002), (Lee, et al., 2013), (Chung & Wong, 2007), (Estrada, Camacho, Restrepo, & Parra, 1998), (García, 2010)

### **Comparación y contraste de las medidas encontradas.**

Hay ciertas medidas encontradas en los estudios mencionados que no son relevantes para el diseño de puestos de trabajo sentado y parado (referirse a la Imagen 2 para mayor información). Muchas de las medidas encontradas no son significativas debido a que varias de ellas fueron empleadas para diseño de puestos de trabajo diferentes o de uniformes. Por ejemplo, el perímetro cefálico es una medida útil para el diseño de cascos más no de un puesto de trabajo. De igual manera, el grosor del muslo parado es relevante para el diseño de uniformes y no de puestos de trabajo como el especificado anteriormente.

Es importante mencionar que las medidas utilizadas en el laboratorio de Ergonomía de la USFQ son de alta relevancia para el diseño de puestos de trabajo sentado. Es por esto que a pesar de que estas medidas no se repitan en todos los estudios encontrados, las mismas se consideran indispensables para el diseño en cuestión.

### **Elección de las medidas antropométricas más importantes para el diseño del puesto de trabajo**

#### **Elección y justificación de las medidas antropométricas a utilizar.**

Las medidas resaltadas en la Tabla 2 son aquellas que se repiten en más de 3 estudios y las consideradas más importantes para el estudio en cuestión. Sin embargo, las medidas indicadas no son las únicas y más importantes, según el Instituto Nacional de Higiene y Salud en el Trabajo (INSHT) de España el alcance lateral del brazo, la altura de alcance vertical y el alcance máximo horizontal son medidas antropométricas comúnmente empleadas para el diseño de puestos de trabajo en cuanto a alcances (Valero Cabello, INSHT, 2010).

Es importante estandarizar y entender a qué se refieren cada una de las mediciones mencionadas anteriormente. En el “Anthropometric Source Book Vol II: A Handbook for Anthropometric Data” de la NASA, se encontró la estandarización de las medidas y la codificación estándar de las mismas. Por lo tanto las medidas antropométricas a analizar en el presente trabajo se resumen en la Tabla 3 a continuación:

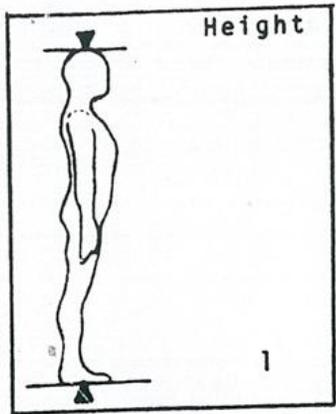
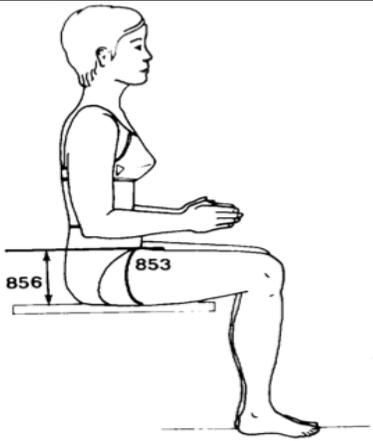
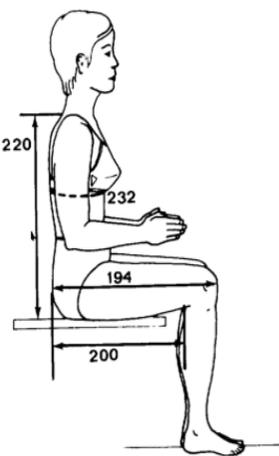
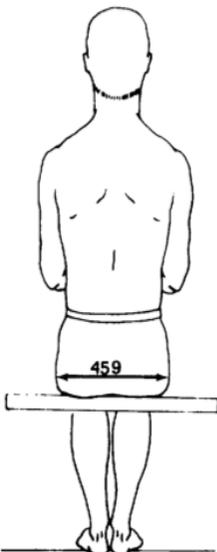
#	Código	Medidas Antropométricas	Descripción de las medidas (NASA, 1978)
1	n/a	Estatura	El sujeto se para recto mirando al frente, con los talones juntos, con el peso distribuido uniformemente en los dos pies y con los brazos colgando naturalmente a los lados.
2	856	Grosor del muslo sentado	Altura del punto más alto del muslo sobre la superficie del asiento.
3	200	Longitud desde la parte trasera al poplíteo sentado	Distancia horizontal desde la parte trasera a la parte posterior de la pierna
4	194	Longitud desde la parte trasera hasta la rodilla sentado	Distancia horizontal desde la parte trasera a la parte delantera de la rodilla (las rótulas)
5	459	Ancho de las caderas sentado	Amplitud del cuerpo sentado medida a través de la parte más ancha de las caderas
6	760	Altura sentado sin erguirse	La altura a la cabeza desde la superficie del asiento, estando el sujeto sentado normalmente.
7	758	Altura sentado erguido	La altura a la cabeza desde la superficie del asiento, estando el sujeto sentado erguido.
8	529	Altura del piso a la rodilla sentado	La altura, desde la superficie del reposapiés hasta encima de la rodilla.
9	678	Altura del piso al poplíteo sentado	La altura, desde la superficie del reposapiés hasta el poplíteo.
10	318	Anchura codo a codo	La distancia de la superficie lateral de los codos, medida con los codos flexionados y descansando ligeramente contra el cuerpo
11	312	Altura al codo desde la superficie del asiento	La altura desde la parte inferior de la punta del codo hasta la superficie del asiento.
12	752	Alcance máximo horizontal de agarre	Distancia horizontal desde un puntero sujetado por el sujeto a la pared contra la que está sentado, medido con el brazo extendido hacia adelante y horizontalmente.
13	911	Altura de alcance vertical de agarre parado	La altura desde un puntero sostenido horizontalmente por el sujeto de pie cuando el brazo está extendido hacia arriba en su totalidad.
14	912	Altura de alcance vertical de agarre sentado	La altura desde un puntero sostenido horizontalmente por el sujeto sentado cuando el brazo está extendido hacia arriba en su totalidad.

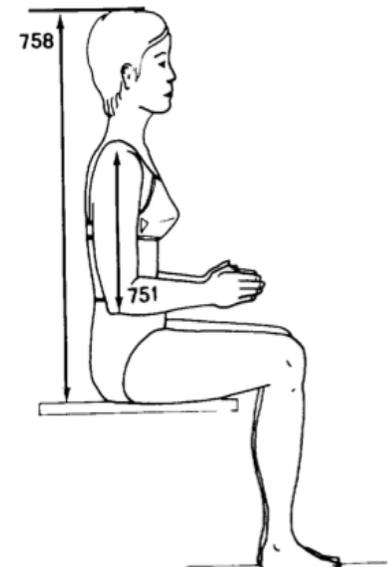
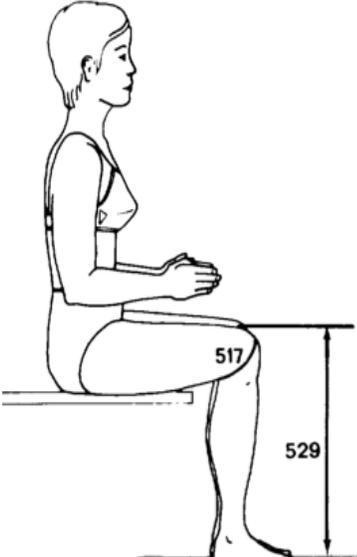
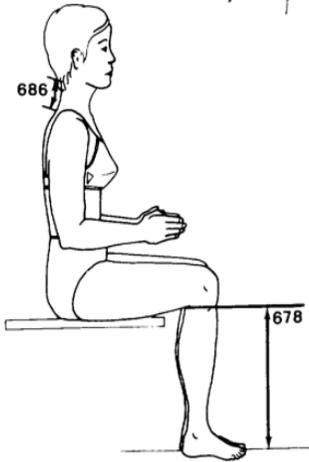
*Tabla 3: Medidas antropométricas a tomar, realizado por los autores. Información obtenida de (NASA, 1978)*

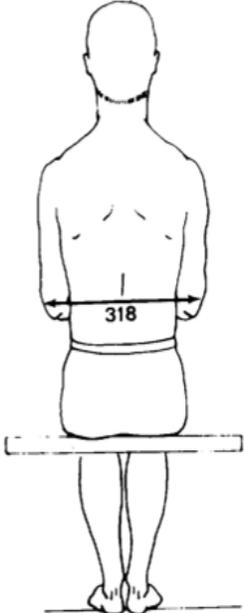
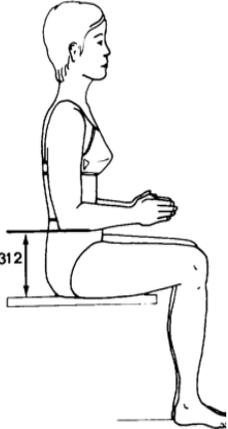
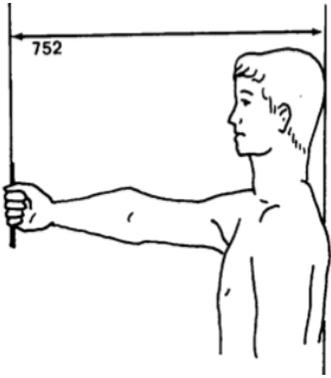
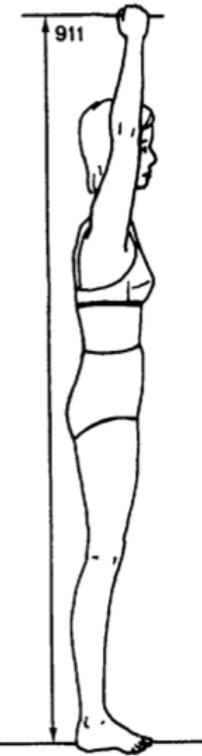
Las 14 medidas señaladas en la Tabla 3 son aquellas que, debido a su frecuencia por presencia en los estudios similares analizados, se van a utilizar en el presente trabajo. Todas

las medidas se consideran como las más relevantes en cuanto al diseño de puestos de trabajo sentado/parado, como se indica en la Imagen 2. Sin embargo, esto no se traduce en que son las únicas que se podrían utilizar para el propósito del presente estudio, en realidad son las más importantes para el diseño en cuestión, pero existen una gran cantidad de medidas extras que se podrían utilizar.

En la Tabla 4 mostrada a continuación se presenta de manera gráfica cada una de las medidas antropométricas a tomar para un mejor entendimiento de las mismas:

Código	Imagen	Código	Imagen
Estatura		856	
200 194		459	

760	 <p>Sitting height, normal</p> <p>3</p> <p>A diagram showing a person sitting on a seat. A vertical line with a downward-pointing arrowhead indicates the measurement from the top of the head to the top of the seat. The number '3' is located in the bottom right corner of the diagram's frame.</p>	758	 <p>758</p> <p>751</p> <p>A side-view diagram of a person sitting on a seat. A vertical line on the left side of the person's head indicates the total sitting height, labeled '758'. A second vertical line on the right side of the person's back indicates the height from the top of the back to the top of the seat, labeled '751'.</p>
529	 <p>517</p> <p>529</p> <p>A side-view diagram of a person sitting on a seat. A vertical line on the right side of the person's back indicates the height from the top of the back to the top of the seat, labeled '517'. A second vertical line on the right side of the person's leg indicates the height from the top of the seat to the floor, labeled '529'.</p>	678	 <p>686</p> <p>678</p> <p>A side-view diagram of a person sitting on a seat. A vertical line on the left side of the person's head indicates the height from the top of the head to the top of the seat, labeled '686'. A second vertical line on the right side of the person's leg indicates the height from the top of the seat to the floor, labeled '678'.</p>

318	 <p>A line drawing of a person from the back, standing on a platform. A horizontal double-headed arrow is drawn across the back at the waist level, with the number 318 written below it.</p>	312	 <p>A line drawing of a person sitting on a bench. A vertical double-headed arrow is drawn from the floor to the top edge of the seat, with the number 312 written to the left of the arrow.</p>
752	 <p>A line drawing of a person from the side, standing. A vertical double-headed arrow is drawn from the floor to the top of the head, with the number 752 written to the left of the arrow.</p>	911	 <p>A line drawing of a person from the side, standing with arms raised. A vertical double-headed arrow is drawn from the floor to the top of the head, with the number 911 written to the left of the arrow.</p>
912			

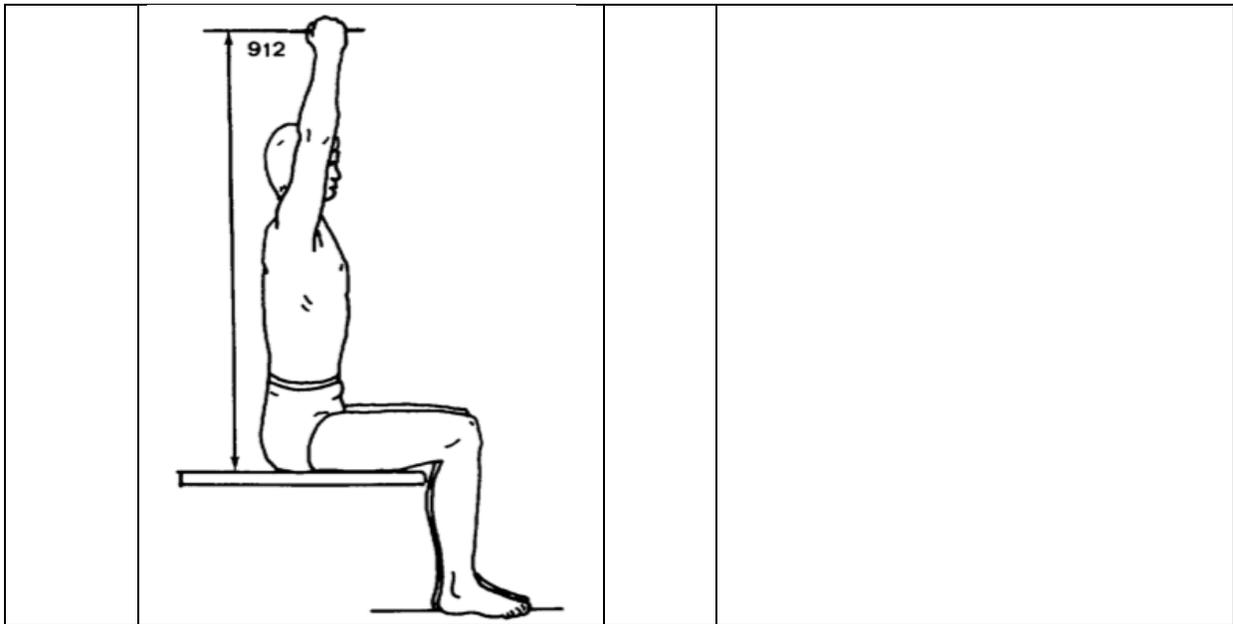


Tabla 4: Medidas antropométricas. Imágenes (856, 200, 194, 459, 758, 529, 678, 318, 312, 752, 911, 912) obtenidas de (NASA, 1978) e Imágenes (estatura, 760) obtenidas de (U.S Department of Commerce Bureau of The Census, 1965)

## **CAPÍTULO 4: MÉTODO DE MEDICIÓN Y HERRAMIENTAS**

El objetivo del presente capítulo es generar un método de medición eficiente para las medidas antropométricas especificadas en el capítulo anterior. Para esto, se pretende definir un proceso estándar en cuanto a la medición de las personas, disminuyendo el sesgo y el error debido al uso de las herramientas utilizadas y debido a la variabilidad de los medidores. Del mismo modo, es necesario determinar las herramientas más apropiadas a utilizar en el proceso de medición.

### **Herramientas de medición**

De acuerdo al tipo de medición que se desea realizar se pueden encontrar diversas herramientas. La antropometría consta de 3 grandes ramas: la antropometría estática, antropometría dinámica y la antropometría Newtoniana. La estática se encarga de las dimensiones del cuerpo en reposo, la dinámica del cuerpo en movimiento y la Newtoniana de las mediciones de segmentos del cuerpo para análisis biomecánicos (Fernández, Marley, Noriega, & Ibarra, 2008). Los instrumentos más comunes son el antropómetro, calibres o pie de rey, cinta antropométrica, plicómetro y goniómetros (Valero Cabello, Antropometría, 2008). En este caso, las medidas a realizar son parte de la antropometría estática ya que el puesto de trabajo a diseñar no toma en cuenta fuerzas a realizar ni movimientos continuos a analizar.

### **Investigación de las herramientas de medición.**

A continuación se detallan herramientas de medición que pueden ser utilizadas para la medición de las dimensiones del cuerpo humano:

El antropómetro es una escala métrica que tiene dos ramas, una fija y otra que se desplaza. Su principal aplicación es en mediciones lineales (Valero Cabello, Antropometría, 2008). Específicamente sirve para medir segmentos del cuerpo humano y alturas (Huertas, 2010). A continuación, en la Imagen 3 se presenta un antropómetro y su utilidad:



*Imagen 3: Obtenida de: (BC Equipos, 2014)*

El calibre o pie de rey es bastante parecido al antropómetro. La principal diferencia es su tamaño. Es decir, el calibre sirve principalmente para medir dimensiones pequeñas; sirve para medir grosores, espesores y distancias entre puntos (Valero Cabello, Antropometría, 2008). Existen calibres mecánicos y calibres digitales. En la Imagen 4, mostrada a continuación se pueden observar ambos tipos de calibres.



*Imagen 4: Obtenida de: (Varas, 2011)*

La cinta antropométrica, también se conoce como cinta métrica. Sirve para medir perímetros (Valero Cabello, Antropometría, 2008). Debe ser flexible, no debe ser metálica ni elástica, debe mantener una tensión constante y permitir su fácil manejo (Huertas, 2010). En la Imagen 5 mostrada a continuación se presenta una cinta antropométrica:



*Imagen 5: Obtenida de: (Quirumed, 2004)*

El goniómetro es un instrumento que se utiliza para medir ángulos, comprobación de conos y puesta a punto de las máquinas-herramientas de los talleres de mecanizado. Consta de un círculo graduado de  $180^\circ$  o  $360^\circ$  (Melillo, 2008). En la ergonomía es bastante útil para medir los ángulos que forman los brazos, piernas o cualquier parte del cuerpo. En la Imagen 6, mostrada a continuación se muestra un goniómetro.



*Imagen 6: Obtenida de: (3B Scientific, 2014)*

El tallímetro es una herramienta utilizada para medir la estatura ya sea parado o sentado. En las imágenes a continuación (Imagen 7 e Imagen 8) se muestra el funcionamiento y la utilidad del mismo:



*Imagen 7: obtenida de: (Fleming Comercial S.A, 2012)*



*Imagen 8: obtenida de: (Medilandia, 2013)*

El flexómetro sirve para la medición de distancias y alturas (Marcilla & Ruiz, 2012). Estas cintas deben ser flexibles, resistentes pero a su vez deben ser rígidas ya que pueden utilizarse para realizar medidas verticales (Vega & López, 2006). En la Imagen 9, mostrada a continuación se presenta un flexómetro:



*Imagen 9: obtenida de (Agrotierra Tecnologías Agrarias S.L, 2013)*

Es importante mencionar que se han desarrollado nuevas técnicas más sofisticadas basadas en la fotografía. Así como también técnicas de registro de imágenes antropométricas en 3D (Valero Cabello, Antropometría, 2008). A continuación se detalla el procedimiento de medición por medio de un sistema basado en un potenciómetro computarizado. Dicho procedimiento fue utilizado en un estudio para el diseño del puesto de trabajo para el alcance de sobres (Arijit & Biman , 2000).

En el trabajo de (Arijit & Biman , 2000) se describe el registro de imágenes antropométricas en 3D de la siguiente manera: el sistema se compone de potenciómetros con poleas fijas a una pared; cada polea tiene una cuerda flexible pero que no se puede estirar. Los extremos libres de las poleas se atan juntos y se les adhiere un puntero plástico. El movimiento

del puntero se transmite a través de las cuerdas que hacen girar las poleas. Dicho giro hace que se presenten cambios en el voltaje de los potenciómetros. La señal enviada por el potenciómetro se convierte de manera que pueda ser procesada por un ordenador personal y se obtenga la localización instantánea del puntero en el espacio 3D.

### **Elección de las herramientas a emplear.**

A continuación, en la Tabla 5, se presentan las virtudes y limitaciones, para este caso de estudio, de cada una de las herramientas de medición exhibidas anteriormente:

Herramienta	Virtudes	Limitaciones	¿Se elige?
Antropómetro	Medir segmentos del cuerpo humano. Accesible Mediciones lineales	Ninguna.	SI
Calibre o pie de rey	Medir grosores y distancias entre puntos.	Medición de dimensiones pequeñas.	NO
Cinta antropométrica	Permite medir segmentos. Sirve para medir alcances.	Muy flexible. No es necesario medir perímetros en este caso.	NO
Goniómetro		No es necesario medir ángulos en este caso.	NO
Tallímetro	Permite medir la estatura, parado y sentado	Ninguna	SI
Medición por medio de un potenciómetro computarizado	Medición exacta, evita el error humano. Permite medir alcances de manera fácil.	Alto Costo	NO
Flexómetro	Sirve para medir alcances.	Ninguna	SI

*Tabla 5: Elección de las herramientas a emplear. Realizada por los autores.*

Por lo tanto, las herramientas a utilizar en el presente estudio serán el antropómetro, el tallímetro y el flexómetro. El tallímetro se utilizará para las estaturas necesarias, el antropómetro para el resto de medidas a recopilar y el flexómetro para los alcances.

### **Definición de proceso estándar para la medición**

La medición es uno de los procedimientos más importantes para el presente trabajo, razón por la cual es de suma importancia estandarizar el proceso a utilizar por parte de los investigadores al momento de realizarlo. Esto debido a que las medidas antropométricas deben ser lo suficientemente robustas frente a la variabilidad del sistema de medición, y reflejar en realidad resultados confiables y robustos frente a la variación existente entre los individuos (Fernández, Marley, Noriega, & Ibarra, 2008).

#### **Investigación del método a utilizar para las distintas medidas antropométricas.**

Haciendo una investigación en trabajos similares realizados (Lavender, Marras, & Sabol, 2002), (Lee, y otros, 2013), (Chung & Wong, 2007), (Estrada, Camacho, Restrepo, & Parra, 1998), (García, 2010); se ha encontrado una semejanza en todos y cada uno de éstos: ninguno especifica de manera detallada el método que se utilizó para levantar la información.

Al no estandarizar el proceso de medición, no es posible comparar con la suficiente confianza y robustez sobre dos medidas iguales levantadas en dos estudios diferentes, ya que no se conoce con exactitud cuál fue el proceso seguido para la obtención de dicha medida en cuestión. Sin embargo, esto no significa que los estudios realizados pierden validez sobre sus resultados, lo que en realidad se interpreta es que no fueron lo suficientemente específicos en detallar el proceso seguido para la obtención de las medidas antropométricas. Para el presente trabajo es necesario establecer un método de medición apropiado de las medidas

antropométricas, para que futuros trabajos de la misma índole puedan utilizar la información aquí levantada, y se puedan comparar resultados de manera robusta y confiable.

### **Elección del método de medición.**

Antes de especificar el método de medición a utilizar para el presente trabajo, es necesario definir lo que una variable antropométrica significa por su importancia y relevancia en este punto. Una variable antropométrica es una característica medible del cuerpo humano, que puede ser definida, estandarizada y referenciada a una unidad de medida específica (Roebuck, Kroemer, & Thomson, 1975). Para el presente trabajo, se utilizan únicamente variables antropométricas lineales, que son aquellas definidas por marcas específicas que se pueden trazar en el cuerpo (Roebuck, Kroemer, & Thomson, 1975). Las marcas que definen las variables pueden ser de dos tipos: esqueléticas-anatómicas, que son aquellas que se definen por el mismo cuerpo humano y se pueden encontrar y trazar mediante prominencias notables de los huesos por debajo de la piel, o segmentos del mismo cuerpo; y, las marcas virtuales que son distancias máximas o mínimas utilizando las limitaciones de la herramienta, como por ejemplo un calibrador (Roebuck, Kroemer, & Thomson, 1975).

Para el presente trabajo, las variables antropométricas lineales de interés son las medidas seleccionadas en el capítulo anterior, las cuales son las más relevantes para el diseño de un puesto de trabajo para un operario de pie o sentado. Las marcas de estas medidas, que son las instrucciones a seguir en el momento de que los experimentadores estén en el proceso de medición, se resumen en la Tabla 3 en la sección Elección y justificación de las medidas antropométricas a utilizar. A continuación, se muestra la Tabla 6 que resume el método de medición a aplicar para el presente trabajo sobre las medidas antropométricas en cuestión:

Código	Medidas Antropométricas	Instrumento de medición	Método de medición (Elaboración propia)		
			Ubicación del sujeto	Realización de la medida	Consideraciones sobre la medida
n/a	Estatura	Tallímetro	El sujeto se para recto mirando al frente, con los talones juntos, contra la pared alineando la corona (punto más alto de la cabeza) con el tope móvil de la herramienta	Es necesario acercar el tope móvil de la herramienta a la corona de la cabeza del sujeto	Los zapatos adicionan 25 mm en los hombres y 45 mm en las mujeres, depende del tipo de zapato (Fernández, Marley, Noriega, & Ibarra, 2008)
856	Grosor del muslo sentado	Tallímetro	El sujeto debe estar correctamente sentado contra el espaldar de la silla y las piernas formando un ángulo perpendicular con el piso	Se acerca el tope móvil hasta el punto más alto del muslo	Al restar la altura de la silla y la medida realizada, se obtiene el grosor del muslo deseado
200	Longitud desde la parte trasera al poplíteo sentado	Antropómetro	El sujeto debe estar correctamente sentado contra el espaldar de la silla y las piernas formando un ángulo perpendicular con el piso	Se debe tomar la distancia horizontal desde la parte trasera (glúteo) hasta el punto en el que las piernas se unen a la parte trasera del muslo (ángulo poplíteo)	Es necesario alinear la parte más salida de la parte trasera del sujeto con la herramienta de medición hasta el pliegue interno de la pierna y muslo
194	Longitud desde la parte trasera hasta la rodilla sentado	Antropómetro	El sujeto debe estar correctamente sentado contra el espaldar de la silla y las piernas formando un ángulo perpendicular con el piso	Se debe tomar la distancia horizontal desde la parte trasera (glúteo) a la parte delantera de la rodilla (las rótulas)	Es necesario alinear la parte más salida de la parte trasera con la herramienta de medición hasta la parte más salida de la rodilla del sujeto
459	Ancho de las caderas sentado	Antropómetro	El sujeto debe estar correctamente sentado contra el espaldar de la silla y las piernas formando un ángulo perpendicular con el piso	Se debe medir la distancia horizontal máxima de las caderas (Fernández, Marley, Noriega, & Ibarra, 2008)	Tomar en cuenta los puntos más salidos de las caderas para tomar la medida
760	Altura sentado sin erguirse	Tallímetro	El sujeto debe estar correctamente sentado contra el espaldar de la silla de manera relajada (sin erguirse) y las piernas formando un ángulo perpendicular con el piso	Acercar el tope móvil (correctamente alineado) hasta la corona de la cabeza del sujeto sentado sin erguirse	Al restar la altura de la silla y la medida realizada, se obtiene la altura sentado sin erguirse del sujeto
758	Altura sentado erguido	Tallímetro	El sujeto debe estar correctamente sentado contra el espaldar de la silla de manera erguida y las piernas formando un ángulo perpendicular con el piso	Acercar el tope móvil (correctamente alineado) hasta la corona de la cabeza del sujeto sentado erguido	Al restar la altura de la silla y la medida realizada, se obtiene la altura sentado erguido del sujeto
529	Altura del piso a la rodilla sentado	Tallímetro	El sujeto debe estar correctamente sentado contra el espaldar de la silla y las piernas formando un ángulo perpendicular con el piso	Acercar el tope móvil verticalmente hasta la superficie exterior de la rodilla	Los zapatos adicionan 25 mm en los hombres y 45 mm en las mujeres, depende del tipo de zapato (Fernández, Marley, Noriega, & Ibarra, 2008)
678	Altura del piso al poplíteo sentado	Tallímetro	El sujeto debe estar correctamente sentado contra el espaldar de la silla y las piernas formando un ángulo perpendicular con el piso	Acercar el tope móvil verticalmente hasta el pliegue interior de la pierna y el muslo (poplíteo)	Los zapatos adicionan 25 mm en los hombres y 45 mm en las mujeres, depende del tipo de zapato (Fernández, Marley, Noriega, & Ibarra, 2008)
318	Anchura codo a codo	Antropómetro	El sujeto debe estar correctamente sentado contra el espaldar de la silla y las piernas formando un ángulo perpendicular con el piso, flexionando los brazos en un ángulo recto y descansándolos ligeramente contra su cuerpo	Se debe medir la distancia horizontal máxima entre los codos	Es necesario tomar la parte más salida de los codos como puntos de referencia de ubicación de la herramienta de medición
312	Altura al codo desde la superficie del asiento	Flexómetro	El sujeto debe estar correctamente sentado contra el espaldar de la silla y las piernas formando un ángulo perpendicular con el piso, flexionando los brazos en un ángulo recto y descansándolos ligeramente contra su cuerpo	Se debe medir la distancia desde la superficie del asiento hasta la base del codo del sujeto	Es necesario tomar la base del codo como punto de referencia para medir la distancia hasta la superficie del asiento
752	Alcance máximo horizontal de agarre	Flexómetro	El sujeto se para recto mirando al frente, con los talones juntos, contra la pared estirando un brazo hacia adelante de manera paralela al piso, agarrando en su mano un objeto	Se mide la distancia horizontal desde el objeto sujetado por la persona hasta la pared	El sujeto debe mantener el brazo siempre extendido de manera horizontal, formando un ángulo recto entre su cuerpo y brazo
911	Altura de alcance vertical de agarre parado	Tallímetro	El sujeto se para recto mirando al frente, con los talones juntos, contra la pared estirando un brazo hacia arriba de manera paralela a la pared, agarrando en su mano un objeto	Acercar el tope móvil hasta el objeto sujetado por la persona	El sujeto debe mantener el brazo siempre extendido de manera vertical, formando un ángulo llano entre su cuerpo y brazo
912	Altura de alcance vertical de agarre sentado	Tallímetro	El sujeto debe estar correctamente sentado contra el espaldar de la silla y las piernas formando un ángulo perpendicular con el piso, estirando un brazo hacia arriba de manera paralela a la pared, agarrando en su mano un objeto	Acercar el tope móvil hasta el objeto sujetado por la persona	El sujeto debe mantener el brazo siempre extendido de manera vertical, formando un ángulo llano entre su cuerpo y brazo. Al restar la altura de la silla y la medida realizada, se obtiene la altura de alcance vertical de agarre sentado

Tabla 6: Método de medición. Realizado por los autores.

Por lo tanto, para asegurar que las medidas sean tomadas de la manera más adecuada, es conveniente capacitar a todas aquellas personas que van a utilizar las herramientas para obtener las mediciones apropiadas. Con una correcta instrucción sobre las marcas lineales del cuerpo humano a utilizar, es posible que el método de medición se estandarice, y sin importar si existen una o más personas encargadas de levantar los datos, siempre se van a obtener las variables antropométricas lineales pertinentes, siguiendo las marcas relevantes a cada una de éstas.

**Diagrama de flujo del proceso estándar establecido.**

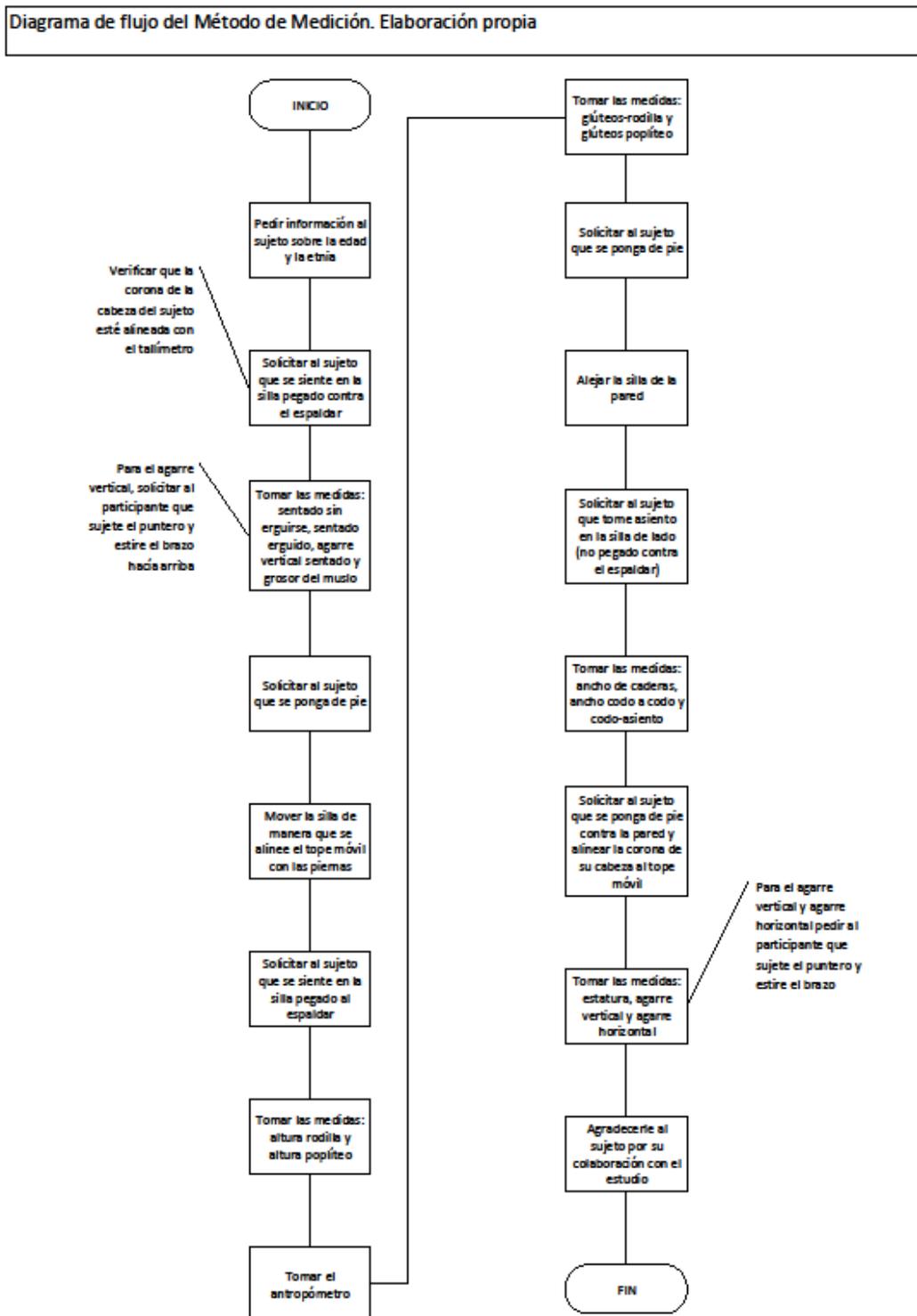


Imagen 10: Diagrama de flujo del método de medición. Realizado por los autores

Una vez establecido el método de medición, se diseñó una plantilla en Excel para la recolección de los datos. Dicha plantilla está estructurada de acuerdo al diagrama de flujo presentado en la Imagen 20 y la misma se puede observar en el Anexo 1. Es importante mencionar que para evitar errores en la toma de datos, se determinó que las mediciones se toman en diferentes hojas de cálculo para hombres y para mujeres. Además, se incluye una hoja de cálculo extra donde se presenta el método especificado en la Tabla 6 para tener acceso a la descripción y procedimiento de la toma de datos.

### **Análisis R&R**

El análisis R&R se debe realizar para todos los instrumentos a utilizar y los operadores involucrados (Miranda Rivera, 2006). Anteriormente, se definió que para realizar las medidas se utilizarán un antropómetro, un tallímetro y un flexómetro. Debido a que son dos operadores se utilizan dos antropómetros, dos flexómetros y dos tallímetros. Una vez definidas las herramientas a utilizar y los operadores que se dedicarán a medir, es necesario analizar tanto la repetibilidad como la reproducibilidad de las herramientas y operadores, para analizar la variabilidad que producen los mismos sobre las medidas obtenidas. Es importante mencionar que el objetivo del presente análisis es determinar estadísticamente que no existe variabilidad en los resultados obtenidos ni entre herramientas ni entre investigadores u operarios, para de este modo confirmar que las medidas obtenidas a lo largo del presente trabajo son lo suficientemente confiables independientemente de la herramienta utilizada o de la persona encargada de levantar la información.

### **Análisis R&R, Antropómetro.**

Para analizar la repetibilidad y la reproducibilidad es necesario definir una medida común, en este caso, se seleccionó aleatoriamente de las 14 medidas establecidas, la distancia codo a codo. Se eligieron 10 sujetos al azar y cada operador midió exactamente 3 veces a cada sujeto en diferente orden. Para lo mencionado se denominaron a los sujetos de la A hasta la J y se realizaron 6 listas de números aleatorios del mismo rango para que los operadores midieran en el orden aleatorio encontrado. A continuación se presenta en la Tabla 7 realizada para la aleatorización de los individuos a medir:

Sujeto	Operador 1			Operador 2		
	Orden 1	Orden 2	Orden 3	Orden 1	Orden 2	Orden 3
A	1	5	8	5	4	10
B	8	6	3	6	3	7
C	6	4	5	1	9	8
D	5	1	7	3	10	2
E	10	8	1	9	2	1
F	3	9	2	10	1	4
G	4	10	4	7	5	6
H	2	2	9	2	6	5
I	7	3	10	4	8	3
J	9	7	6	8	7	9

*Tabla 7: Orden de medición a los sujetos para análisis R&R, antropómetro. Realizado por los autores.*

Una vez aleatorizados los individuos, es posible realizar la toma de las medidas. En la Tabla 8 mostrada a continuación se presentan los datos recolectados al medir la distancia de codo a codo de 10 sujetos, medidos en diferente orden:

Sujeto	Operador 1			Operador 2		
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 1	Medición 2	Medición 3
A	40,8	40,9	40,9	40,9	40,8	40,9
B	48,9	48,9	48,9	49	49	49
C	47,5	47,4	47,4	47,5	47,4	47,4
D	44	44	44	44	44	44
E	43,2	43,2	43,3	43,2	43,3	43,3
F	45,4	45,4	45,4	45,4	45,4	45,4
G	44,2	44,2	44,2	44,2	44,2	44,2
H	47,7	47,7	47,7	47,8	47,8	47,8
I	40,4	40,4	40,4	40,3	40,4	40,4
J	43	42,9	43	43	43	43

Tabla 8: Mediciones codo a codo con antropómetro para análisis R&R. Tabla realizada por Cortés, Mejía (2014).

Con los datos presentados en la Tabla 8 se realizó el análisis R&R en Minitab 16 (ver sección Estudios Gage R&R del CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO). Los resultados obtenidos se presentan en la Imagen 11 a continuación:

## R&R del sistema de medición (Xbarra/R) para Ancho codo a codo

Nombre del sistema de medición : Antropómetro  
 Fecha del estudio: 10/03/2014

Notificado por: Oscar Cortés, Andrea Mejía  
 Tolerancia: 1  
 Misc:

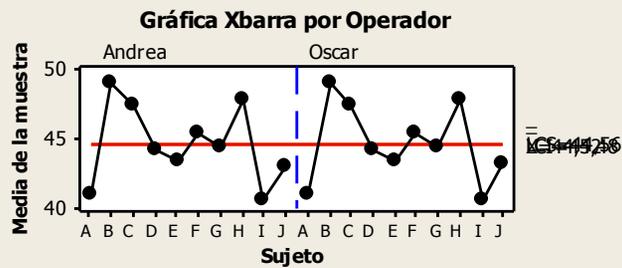
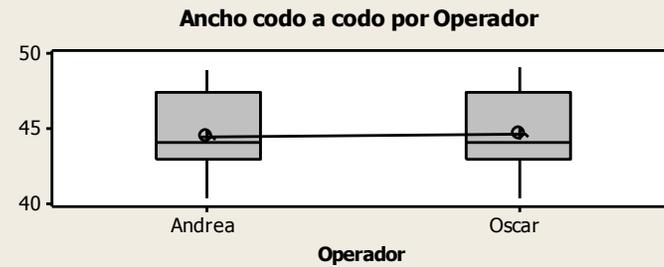
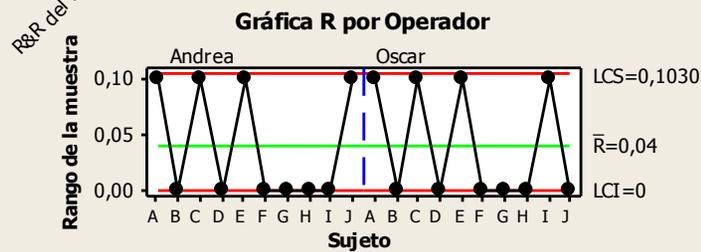
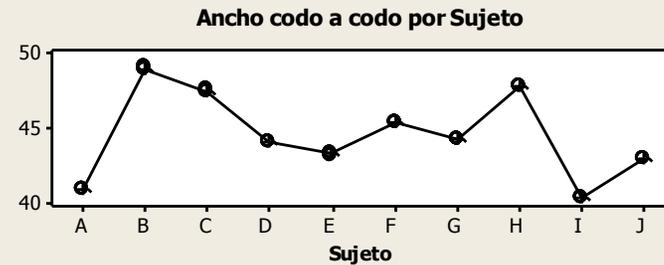


Imagen 11: Resultados gráficos de MINITAB para análisis R&R del antropómetro. Fuente (MINITAB 16, 2013)

En la Imagen 11 en “*componentes de variación*”, se puede observar que la variación presentada por el sistema de medición (operadores y herramienta) es bastante baja, del 1.06% (este valor se puede corroborar en los datos numéricos mostrados en los resultados obtenidos en MINITAB 16 mostrados en la Tabla 9). La mayor parte de la variación (99.99%) se encuentra en la diferencia entre partes. La diferencia entre partes corresponde a la diferencia existente entre las medidas de los individuos, que como es de esperarse debe ser alta ya que cada individuo es independiente y diferente del otro. En la “*Gráfica R por operador*” se puede observar que los rangos por sujeto, están bastante parecidos entre los mismos. Esto quiere decir que las mediciones realizadas fueron bastante parecidas entre operadores. La “*Gráfica Xbarra por operador*” muestra que la media de las muestras por sujeto está fuera de los límites de control en ambos casos, presentado un patrón bastante parecido entre operadores. En el gráfico de caja y bigotes “*Ancho codo a codo por Operador*” presentado se puede observar que la media entre los operadores es bastante parecida así como la variación entre las observaciones de cada uno de ellos. Finalmente en el gráfico “*Interacción Sujeto\*Operador*” se puede observar que no existe ninguna diferencia entre el promedio de las mediciones realizadas por ambos operadores. A partir de lo mencionado se puede concluir que no existe una diferencia entre las mediciones realizadas por cada operador y las mediciones del operador.

A continuación en la Tabla 9, se muestran los resultados numéricos del análisis R&R obtenidos en MINITAB 16:

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. del estudio (6 * DE)
R&R del sistema de medición total	0,02852	0,1711
Repetibilidad	0,02363	0,1418
Reproducibilidad	0,01598	0,0959
Parte a parte	2,69392	16,1635
Variación total	2,69407	16,1644

Fuente	%Var. del estudio (%VE)
R&R del sistema de medición total	1,06
Repetibilidad	0,88
Reproducibilidad	0,59
Parte a parte	99,99
Variación total	100,00

Tabla 9: Resultados Xbarra/R para análisis R&R del antropómetro. Realizado por los autores.

Para poder concluir con la suficiente robustez, es necesario analizar los resultados obtenidos. Como se mencionó anteriormente, la repetibilidad sirve para analizar la variabilidad existente en las medidas levantadas por operador y la reproducibilidad sirve para analizar la variabilidad entre operadores. Por lo tanto, aplicando las fórmulas (de la 1 a la 7) ya especificadas para el cálculo de la desviación estándar y error para ambos parámetros (referirse al CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO, sección Estudios Gage R&R), se obtienen los siguientes resultados:

$$\sigma_{repetibilidad} = 0.0236$$

$$Error\ de\ repetibilidad = 0.1418$$

$$\sigma_{reproducibilidad} = 0.0160$$

$$Error\ de\ reproducibilidad = 0.0959$$

Una vez obtenidos los parámetros de desviación tanto para la repetibilidad como para la reproducibilidad, es posible calcular la precisión de la prueba, como se muestra a continuación:

$$Precisión\ de\ la\ prueba = P = 6\sqrt{0.0236^2 + 0.0160^2} = 0.1711$$

Se debe establecer un nivel de tolerancia (T) que represente el nivel máximo de variación permitido en la medición. El nivel de tolerancia (T) permitido para el presente trabajo es de 1cm. Por lo tanto, tomando en cuenta la precisión de la prueba y la tolerancia para la misma, es posible establecer el porcentaje de variación de R&R para el antropómetro:

$$\frac{P}{T} \times 100\% = \frac{0.1711}{1} \times 100\% = 17.11\%$$

Tomando en cuenta que el porcentaje de variación del análisis R&R para el antropómetro y los dos investigadores es de aproximadamente 17%, se puede afirmar que las mediciones obtenidas a lo largo del presente trabajo serán confiables (referirse a la sección Estudios Gage R&R en CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO) en cuanto al antropómetro y los autores del presente trabajo encargados de medir y levantar la información.

#### **Análisis R&R, Tallímetro.**

Para analizar la repetibilidad y la reproducibilidad del tallímetro se escogió una medida para la cual es utilizado el instrumento, la altura parado de un sujeto. Se eligieron 10 sujetos al azar y cada operador midió exactamente 3 veces a cada sujeto en diferente orden. Para lo mencionado se denominaron a los sujetos de la A hasta la J y se realizaron 6 listas de números aleatorios del mismo rango para que los operadores midieran en el orden aleatorio encontrado. A continuación se presenta la Tabla 10 realizada para la aleatorización de los individuos a medir:

Sujeto	Operador 1			Operador 2		
	Orden 1	Orden 2	Orden 3	Orden 1	Orden 2	Orden 3
A	3	10	6	5	3	2
B	4	5	4	10	7	5
C	1	4	5	6	6	3
D	2	2	9	7	1	7
E	7	3	1	4	2	8
F	9	7	10	9	8	10
G	8	8	2	2	4	9
H	5	9	3	1	9	4
I	10	1	7	3	5	6
J	6	6	8	8	10	1

Tabla 10: Orden de medición a los sujetos para análisis R&R, tallímetro. Tabla realizada por Cortés, Mejía (2014).

Una vez aleatorizados los individuos, es posible realizar la toma de las medidas. En la Tabla 11 mostrada a continuación se presentan los datos recolectados al medir la altura de los 10 sujetos, medidos en diferente orden:

Sujeto	Operador 1			Operador 2		
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 1	Medición 2	Medición 3
A	160,1	160,1	160,1	160,1	160,1	160,1
B	179,8	179,7	179,8	179,9	179,9	179,9
C	175,9	175,9	175,9	175,9	175,9	175,9
D	158,2	158,1	158,2	158,2	158,2	158,2
E	163,5	163,5	163,5	163,4	163,4	163,4
F	170,3	170,3	170,3	170,2	170,2	170,3
G	167,7	167,7	167,7	167,7	167,7	167,7
H	165,4	165,5	165,5	165,5	165,5	165,5
I	172,8	172,8	172,8	172,7	172,8	172,8
J	171	171	171	171	171	171

Tabla 11: Mediciones de altura parado con el tallímetro para análisis R&R. Tabla realizada por Cortés, Mejía (2014).

Con los datos presentados en la Tabla 11 se realizó el análisis R&R en Minitab 16. Los resultados obtenidos se presentan en la Imagen 12 presentada a continuación:

## R&R del sistema de medición (Xbarra/R) para Altura parado

Nombre del sistema de medición : Tallímetro  
 Fecha del estudio: 17/03/2014

Notificado por: Oscar Cortés, Andrea Mejía  
 Tolerancia: 0,5  
 Misc:

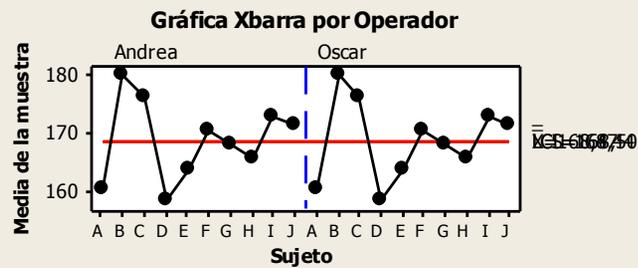
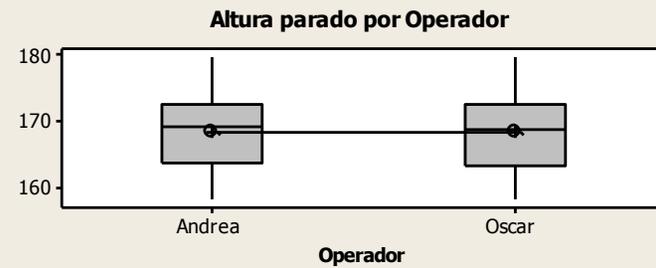
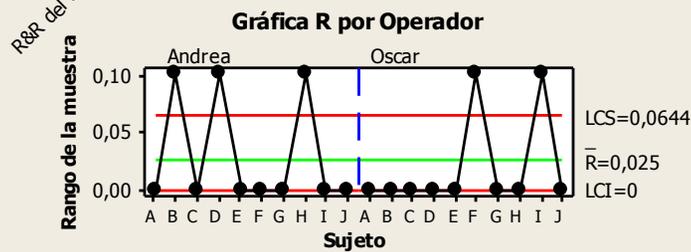
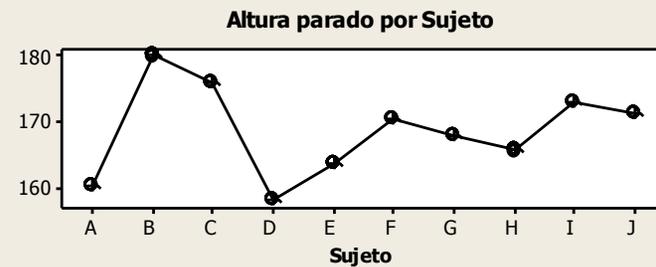


Imagen 12: Resultados gráficos de MINITAB para análisis R&R del tallímetro.. Fuente (MINITAB 16, 2013)

En la Imagen 12 en la ilustración de “*componentes de variación*”, se puede observar que la variación presentada por el sistema de medición, operadores y herramienta, es de 22% (este valor se puede corroborar en los datos numéricos mostrados en los resultados obtenidos en MINITAB 16, en la Tabla 12. Esto quiere decir que la variabilidad introducida por el sistema de medición no es estadísticamente significativa y las mediciones tomadas serán confiables (referirse a los resultados numéricos obtenidos y presentados en la Tabla 12). La mayor parte de la variación se encuentra en la diferencia entre partes como es de esperarse. En la “*Gráfica R por operador*” se puede observar que los rangos por sujeto se salen del límite de control superior. Sin embargo, esto de esperarse ya que los rangos tienen únicamente dos niveles de respuesta (0 y 0,1). Al existir únicamente dos niveles y la mayoría de los datos ser 0, la media y el límite de control superior se van a acercar más a 0. Por lo tanto, aun cuando ciertos rangos se salen de control es posible encontrar causas asignables que permiten concluir que las mediciones realizadas fueron bastante parecidas entre operadores. La “*Gráfica Xbarra por operador*” muestra que la media de las muestras por sujeto está fuera de los límites de control en ambos casos (que es lo esperado), presentando un patrón bastante parecido entre operadores. En el gráfico de caja y bigotes “*Altura parado por Operador*” presentado se puede observar que la media entre los operadores es bastante parecida así como la variación entre las observaciones de cada uno de ellos. Se puede observar una diferencia entre las medianas. Sin embargo, dicha diferencia no representa un cambio significativo en los resultados ya que, como se ha mencionado anteriormente, el sistema de medición no afecta los datos tomados. Finalmente en el gráfico “*Interacción Sujeto\*Operador*” se puede observar que no existe ninguna diferencia entre el promedio de las mediciones realizadas por ambos operadores. A partir de

lo mencionado se puede concluir que no existe una diferencia entre las mediciones realizadas por cada operador y las mediciones del operador.

A continuación en la Tabla 12, se muestran los resultados numéricos del análisis R&R obtenidos en MINITAB 16:

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. del estudio (6 * DE)
R&R del sistema de medición total	0,01477	0,0886
Repetibilidad	0,01477	0,0886
Reproducibilidad	0,00000	0,0000
Parte a parte	6,80818	40,8491
Variación total	6,80819	40,8492

Fuente	%Var. del estudio (%VE)	%Tolerancia (VE/Toler)
R&R del sistema de medición total	0,22	17,72
Repetibilidad	0,22	17,72
Reproducibilidad	0,00	0,00
Parte a parte	100,00	8169,81
Variación total	100,00	8169,83

Tabla 12: Resultados Xbarra/R para análisis R&R del tallímetro. Realizado por Cortés, Mejía (2014).

Para poder concluir con la suficiente robustez, es necesario analizar los resultados obtenidos. Como se mencionó anteriormente, la repetibilidad sirve para analizar la variabilidad existente en las medidas levantadas por operador y la reproducibilidad sirve para analizar la variabilidad entre operadores. Por lo tanto, aplicando las fórmulas ya especificadas para el cálculo de la desviación estándar y error para ambos parámetros, se obtienen los siguientes resultados:

$$\sigma_{\text{repetibilidad}} = 0.0148$$

$$\text{Error de repetibilidad} = 0.0886$$

$$\sigma_{\text{reproducibilidad}} = 0.000$$

$$\text{Error de reproducibilidad} = 0.000$$

Una vez obtenidos los parámetros de desviación tanto para la repetibilidad como para la reproducibilidad, es posible calcular la precisión de la prueba, como se muestra a continuación:

$$\text{Precisión de la prueba} = P = 6\sqrt{0.0148^2 + 0.000^2} = 0.0886$$

Se debe establecer un nivel de tolerancia (T) que represente el nivel máximo de variación permitido en la medición. El nivel de tolerancia (T) permitido para la altura de los sujetos parados se ha establecido como 0,5cm. Por lo tanto, tomando en cuenta la precisión de la prueba y la tolerancia para la misma, es posible establecer el porcentaje de variación de R&R para el tallímetro:

$$\frac{P}{T} \times 100\% = \frac{0.0886}{0.5} \times 100\% = 17.72\%$$

Tomando en cuenta que el porcentaje de variación del análisis R&R para el tallímetro y los dos investigadores es de aproximadamente 18%, se puede afirmar que las mediciones obtenidas a lo largo del presente trabajo son confiables en cuanto al tallímetro y los autores del presente trabajo, encargados de medir y levantar la información.

#### **Análisis R&R, Flexómetro.**

Para analizar la repetibilidad y la reproducibilidad del flexómetro se escogió una medida para la cual es utilizado dicho instrumento, el alcance máximo horizontal de agarre. Al igual que en los anteriores casos, se eligieron 10 sujetos al azar y cada operador midió exactamente 3 veces a cada sujeto en diferente orden. Los sujetos se denominaron de la A hasta la J y se realizaron 6 listas de números aleatorios para que los operadores midieran en el orden aleatorio determinado. A continuación se presenta en la Tabla 13 realizada para la aleatorización de los individuos a medir:

Sujeto	Operador 1			Operador 2		
	Orden 1	Orden 2	Orden 3	Orden 1	Orden 2	Orden 3
A	10	6	10	8	1	8
B	7	3	5	9	3	9
C	6	1	6	2	2	4
D	5	5	1	1	6	2
E	9	7	9	4	8	3
F	8	8	4	3	9	1
G	1	9	8	7	5	5
H	3	10	7	6	10	7
I	2	2	2	5	7	10
J	4	4	3	10	4	6

Tabla 13: Orden de medición a los sujetos para análisis R&R, flexómetro. Tabla realizada por Cortés, Mejía (2014).

Una vez aleatorizados los individuos, se toman de las medidas. En la Tabla 14 mostrada a continuación se presentan los datos recolectados al medir el alcance máximo horizontal de agarre de los 10 sujetos, medidos en diferente orden:

Sujeto	Operador 1			Operador 2		
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 1	Medición 2	Medición 3
A	78,6	78,6	78,6	78,5	78,6	78,6
B	67,1	67,1	67	67,1	67,1	67,1
C	66,8	66,8	66,8	66,8	66,8	66,8
D	70,3	70,3	70,3	70,3	70,2	70,2
E	73,8	73,7	73,7	73,7	73,7	73,7
F	77,1	77,1	77,1	77	77	77
G	69,2	69,2	69,2	69,2	69,2	69,2
H	67,7	67,6	67,7	67,6	67,6	67,6
I	75,2	75,2	75,3	75,2	75,2	75,2
J	70,5	70,5	70,5	70,5	70,4	70,5

Tabla 14: Mediciones de altura parado con el tallímetro para análisis R&R. Tabla realizada por Cortés, Mejía (2014).

Con los datos presentados en la Tabla 14 se realizó el análisis R&R en Minitab 16. Los resultados obtenidos se presentan en la Imagen 12 presentada a continuación:

## R&R del sistema de medición (Xbarra/R) para Alcance max. horizontal agarre

Nombre del sistema de medición : Flexómetro  
 Fecha del estudio: 18/03/2014

Notificado por: Oscar Cortés, Andrea Mejía  
 Tolerancia: 1  
 Misc:

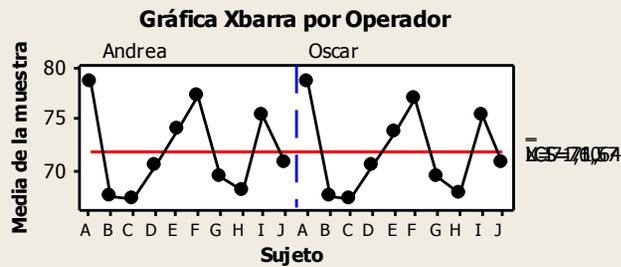
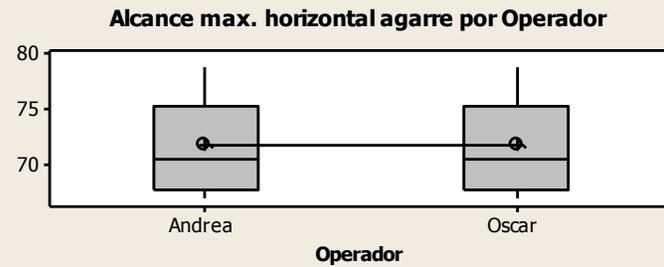
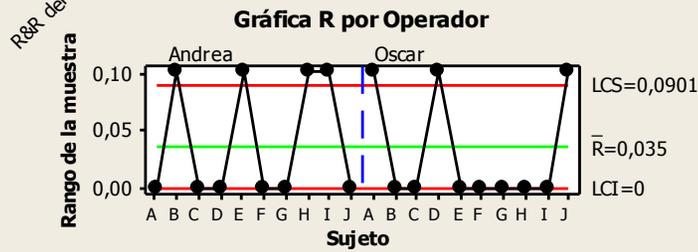
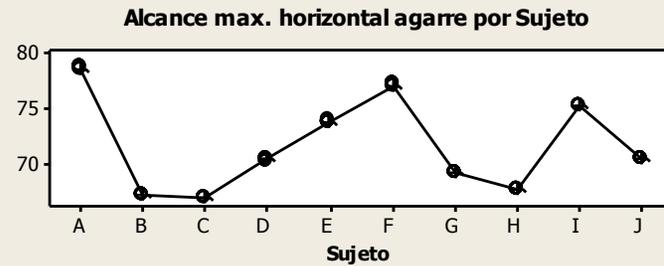


Imagen 13: Resultados MINITAB para R&R Flexómetro. Fuente (MINITAB 16, 2013)

En la Imagen 13 en la ilustración de “*componentes de variación*”, se puede observar que la variación presentada por el sistema de medición, operadores y herramienta, es bastante baja 8,4% (referirse a la Tabla 15). Esto quiere decir que la variabilidad introducida por el sistema de medición no es estadísticamente significativa y las mediciones tomadas serán confiables. La mayor parte de la variación se encuentra en la diferencia entre partes como es de esperarse. En la “*Gráfica R por operador*” se puede observar que los rangos por sujeto se salen del límite de control superior. Sin embargo, esto de esperarse ya que los rangos tienen únicamente dos niveles de respuesta (0 y 0,1). Al existir únicamente dos niveles y la mayoría de los datos ser 0, la media y el límite de control superior se van a acercar más a 0. Por lo tanto, aun cuando ciertos rangos se salen de control es posible encontrar causas asignables que permiten concluir que las mediciones realizadas fueron bastante parecidas entre operadores. La “*Gráfica Xbarra por operador*” muestra que la media de las muestras por sujeto está fuera de los límites de control en ambos casos (que es lo esperado), presentado un patrón bastante parecido entre operadores. En el gráfico de caja y bigotes “*Altura parado por Operador*” presentado se puede observar que la media entre los operadores es bastante parecida así como la variación entre las observaciones de cada uno de ellos. Finalmente en el gráfico “*Interacción Sujeto\*Operador*” se puede observar que no existe ninguna diferencia entre el promedio de las mediciones realizadas por ambos operadores. A partir de lo mencionado se puede observar que no existe una diferencia entre las mediciones realizadas por cada operador y las mediciones repetidas por el operador.

A continuación en la Tabla 15, se muestran los resultados numéricos del análisis R&R obtenidos en MINITAB 16:

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. del estudio (6 * DE)
R&R del sistema de medición total	0,03118	0,1871
Repetibilidad	0,02067	0,1240
Reproducibilidad	0,02334	0,1400
Parte a parte	3,70545	22,2327
Variación total	3,70558	22,2335

Fuente	%Var. del estudio (%VE)	%Tolerancia (VE/Toler)
R&R del sistema de medición total	0,84	18,71
Repetibilidad	0,56	12,40
Reproducibilidad	0,63	14,00
Parte a parte	100,00	2223,27
Variación total	100,00	2223,35

Tabla 15: Resultados Xbarra/R para análisis R&R del flexómetro. Realizado por Cortés, Mejía (2014).

Para poder concluir con la suficiente robustez, es necesario analizar los resultados obtenidos. Como se mencionó anteriormente, la repetibilidad sirve para analizar la variabilidad existente en las medidas levantadas por operador y la reproducibilidad sirve para analizar la variabilidad entre operadores. Por lo tanto, aplicando las fórmulas ya especificadas para el cálculo de la desviación estándar y error para ambos parámetros, se obtienen los siguientes resultados:

$$\sigma_{\text{repetibilidad}} = 0.0207$$

$$\text{Error de repetibilidad} = 0.1240$$

$$\sigma_{\text{reproducibilidad}} = 0.0233$$

$$\text{Error de reproducibilidad} = 0.1400$$

Una vez obtenidos los parámetros de desviación tanto para la repetibilidad como para la reproducibilidad, es posible calcular la precisión de la prueba, como se muestra a continuación:

$$\text{Precisión de la prueba} = P = 6\sqrt{0.0207^2 + 0.0233^2} = 0.1870$$

Se debe establecer un nivel de tolerancia (T) que represente el nivel máximo de variación permitido en la medición. El nivel de tolerancia (T) permitido para el alcance horizontal de agarre de los sujetos se ha establecido como 1 cm. Por lo tanto, tomando en cuenta la precisión de la prueba y la tolerancia para la misma, es posible establecer el porcentaje de variación de R&R para el flexómetro:

$$\frac{P}{T} \times 100\% = \frac{0.1870}{1} \times 100\% = 18.70\%$$

Tomando en cuenta que el porcentaje de variación del análisis R&R para el flexómetro y los dos investigadores es de aproximadamente 19%, se puede afirmar que las mediciones obtenidas a lo largo del presente trabajo son confiables en cuanto al flexómetro y los autores del presente trabajo encargados de medir y levantar la información.

Se puede concluir que las mediciones a realizar por los diferentes medidores (operador 1 y operador 2) y herramientas (antropómetro, tallímetro y flexómetro) serán precisas y no habrá diferencia estadística entre ellas.

## **CAPÍTULO 5: LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE LAS MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS**

### **Determinación de la muestra**

Para que la muestra sea representativa es necesario que todas las personas de la población tengan la misma probabilidad de ser seleccionadas, es decir debe ser aleatoria (Martínez, 2002). Para que el muestreo sea aleatorio existen diversos métodos. Se utiliza el muestro aleatorio estratificado, donde se define una población con varias subpoblaciones de interés. Las subpoblaciones o estratos son de interés debido a cierta característica (Martínez, 2002). En este caso las subpoblaciones son aquellas representadas por género y etnias (subpoblaciones de interés). Cada muestra de la subpoblación es elegida por medio de muestras aleatorias simples (Martínez, 2002). Es importante mencionar que el número de elementos muestrales dentro de cada población es proporcional al tamaño del estrato dentro de la población (Martínez, 2002). Es decir, la cantidad de personas por género y etnia de la población debe ser proporcional a las proporciones investigadas de la población. Para realizar un muestro aleatorio simple de cada una de las muestras estratificadas, se le da igual oportunidad de selección a cada elemento de la población (Martínez, 2002). En este caso, la muestra de cada una de las muestras estratificadas, será tomada en una entidad de policías. Sin embargo, es necesario mencionar que la muestra tomada no es completamente aleatoria, tomando en cuenta que al medir a policías, éstos previamente ya han pasado por un filtro de selección para ejercer la profesión.

Para definir el tamaño de muestra es necesario determinar las características de la población sobre la cual se quiere inferir. Una vez definida la población es posible calcular

el tamaño de muestra y determinar la cantidad de personas que se deben medir para poder cumplir un nivel de confianza establecido. A continuación se presenta lo mencionado.

### **Definición de la población.**

Como mencionado anteriormente, es necesario definir las características de la población sobre la que se quiere inferir para determinar la tabla antropométrica. En este caso las características de la población de interés son:

- Población económicamente activa: la población económicamente activa del Ecuador se divide en dos grandes componentes: población ocupada y población desocupada (INEC, 2011). La población desocupada es aquella que busca trabajo habiendo buscado antes o que busca por primera vez y la población ocupada es aquella que tiene trabajo, ya sea independientes o asalariados (INEC, 2011). En este caso, nos interesa la población económicamente activa, en su totalidad, ya que representa aquellas personas que están en contacto con puestos de trabajo. Aun cuando dentro de la población económicamente activa se encuentre la población desocupada, éstos son potenciales usuarios de puestos de trabajo ya que buscan un trabajo al cual incorporarse.
- Edad: la población económicamente activa del Ecuador tiene un rango de edad de 12 años en adelante. Sin embargo para efectos de las leyes laborales son los mayores de 18 años quienes pueden prestar sus servicios libremente, menores entre 15 y 18 necesitan una autorización del representante legal; menores entre 12 y 14 requieren adicionalmente una licencia de autorización del tribunal de menores (Aguirre, 2013). Los menores de edad que trabajen tienen condiciones especiales de trabajo donde no se arriesgue su salud, se establecen rangos de levantamiento de pesos, se prohíben tareas en vidrieras, fábrica de licores, entre otros (Aguirre, 2013).

De igual manera, la edad de jubilación en el Ecuador es de 65 años o más dependiendo de la cantidad y años de aporte al seguro social (INEC, 2011). En este caso, para la generación de la tabla antropométrica, se considerarán aquellas personas mayores a 18 años ya que son éstas personas quienes pueden aplicar a cualquier tipo de trabajo y menores de 65 años ya que ésta es la edad de jubilación.

- **Género:** La tabla antropométrica será generada tanto para hombres como para mujeres de manera que se pueda diseñar puestos de trabajo para ambos géneros. No se realizará distinción de género. En el Ecuador la PEA está compuesta por 44% mujeres y 56% hombres (INEC, 2010). Por lo que las mediciones se realizarán en las mismas proporciones.
- **Ciudad:** La tabla antropométrica será generada para los quiteños por limitaciones del proyecto. Sin embargo, es importante mencionar que la ciudad de Quito es la capital del Ecuador por lo que la migración desde zonas rurales es más alta que otras ciudades importantes del país (INEC, 2010).
- **Etnia:** La tabla antropométrica a generar debe ser estadísticamente significativa para las etnias presentes en la población laboral en Quito. En Pichincha la distribución por etnia es la presentada en la Tabla 16 presentada a continuación:

<b>POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA EN QUITO POR ETNIA</b>	
<b>ETNIA</b>	<b>TOTAL</b>
indígena	2,0%
afroecuatoriano/a	3,3%
montubio/a	0,4%
mestizo/a	91,3%
blanco/a	3,1%
<b>Total</b>	<b>100,0%</b>

*Tabla 16: Población Económicamente Activa en Quito por Etnia. Obtenida de (INEC, 2013)*

Además, la distribución por etnias y géneros para Quito se presenta en la Tabla 17 a continuación:

Etnia	Género		Total
	hombre	mujer	
<b>Indígena</b>	65%	35%	100%
<b>Afroecuatoriano/a</b>	49%	51%	100%
<b>Montubio/a</b>	100%	0%	100%
<b>Mestizo/a</b>	56%	44%	100%
<b>Blanco/a</b>	55%	45%	100%
<b>Total</b>	<b>56%</b>	<b>44%</b>	<b>100%</b>

Tabla 17 : Población Económicamente Activa en Quito por género y etnia. Obtenida de (INEC, 2013)

Para poder tomar en consideración las etnias de la muestra, se obtendrán mediciones proporcionales para cada una de ellas.

#### **Determinación de la fórmula estadística más apropiada.**

Una vez que se tiene clara la población es necesario cuantificarla. La población que cumple con las características mencionadas anteriormente es de 782.791 (INEC, 2013). Tomando en cuenta que existen 44% de mujeres y 56% de hombres se tiene un total de 344.428 mujeres y 438.363 hombres.

Para determinar la fórmula estadística más apropiada se han tomado dos distintas perspectivas: población infinita y población finita. La población tanto de hombres como de mujeres es bastante alta ( $N > 10.000$ ) por lo que para el cálculo de la muestra es posible utilizar la fórmula (8) para poblaciones infinitas (referirse al CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO en la sección Población y muestra). Para tener una confianza del 95% de que el error ( $E$ ) sea menor que 5% el tamaño de muestra está dado por:

$$n = \left( \frac{Z_{\alpha/2}}{E} \right)^2 pq$$

Donde la confianza ( $\alpha$ ) es 0.95, el error de precisión ( $E$ ) es 0.05,  $Z_{\alpha/2}$  es 1.96,  $p$  es 0.5 y  $q = 1 - p = 0.5$ . De este modo se tiene que el tamaño de muestra es de

$$n = \left(\frac{1.96}{0.05}\right)^2 0.25 = 384.16 = 385$$

En este caso, el tamaño de muestra encontrado es para mujeres o para hombres, es decir, el tamaño de muestra general es de 770 personas.

Del mismo modo, si se toma en cuenta el tamaño de la población (presentado anteriormente: 344.428 mujeres y 438.363 hombres) el tamaño de la muestra está dado por la fórmula para poblaciones finitas (referirse al CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO, en la sección Población y muestra)

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

En el caso del tamaño de muestra para los hombres  $n$  está dado por:

$$n = \frac{438\ 363 * 0.5^2 * 1.96^2}{(438\ 363 - 1) * 0.05^2 + 0.5^2 * 1.96^2} = 383,82$$

En el caso del tamaño de muestra para las mujeres  $n$  está dado por:

$$n = \frac{344\ 428 * 0.5^2 * 1.96^2}{(344\ 428 - 1) * 0.05^2 + 0.5^2 * 1.96^2} = 383,73$$

Tomando en cuenta la población como una población finita, el tamaño de muestra encontrado es de 384 hombres y 384 mujeres, en total da una población total de 768 personas.

#### **Tamaño de la muestra.**

El tamaño de muestra estadísticamente representativo calculado para poblaciones finitas es de 384 hombres y 384 mujeres y calculado con población infinitas es de 385 hombres y 385 mujeres. Se puede observar que el tamaño de muestra calculado es muy parecido tanto para poblaciones finitas como para poblaciones infinitas. De este modo, se escoge el tamaño de muestra mayor calculado: 385 hombres y 385 mujeres. El mismo representa la mínima cantidad para asegurar que la muestra sea representativa de la

población. Por lo que para este caso de estudio se ha decidido sobrepasar el tamaño de muestra teniendo así un tamaño de muestra de 800 hombres y mujeres. Como mencionado anteriormente, es necesario seguir las proporciones por etnias y por género. En la Tabla 18 mostrada a continuación se presentan la cantidad necesaria por etnia y género del tamaño de muestra:

Etnia	Total	Hombres	Mujeres
indígena y montubio	19	13	6
afroecuatoriano/a	26	13	13
mestizo/a	730	412	318
blanco/a	25	14	11
	<b>800</b>	<b>452</b>	<b>348</b>

Tabla 18: Cantidad de personas a medir por etnia y género. Realizado por (Cortés & Mejía, 2014)

En la Tabla 18 se han juntado las etnias de indígenas y montubios como una sola categoría, esto debido a que son etnias con porcentajes muy bajos (menores al 3%) del total de etnias dentro de la población económicamente activa. Por lo tanto, en cuanto a etnias se obtienen 4 categorías que son las mostradas en la Tabla 18.

Una vez calculados los tamaños de muestra tomando en cuenta las etnias, el género y el tamaño de la población, la muestra a medir es de 452 hombres y 385 mujeres, un total de 837 personas. Estos son los valores máximos en cuanto a los tamaños de muestra calculados de las distintas maneras mencionadas anteriormente.

Al tener un tamaño de muestra mayor al recomendado ( $452 > 385$ ) se incrementa la confianza de que la verdadera media de la población esté representada por aquella encontrada a partir de la muestra. A continuación se presenta la nueva confianza generada por el tamaño de muestra establecido:

$$n = \left( \frac{Z_{\alpha/2}}{E} \right)^2 pq$$

Donde la confianza ( $1-\alpha$ ) es lo que se desea encontrar, el error ( $E$ ) es 0,05,  $p$  es 0,5 y  $q = 1 - p = 0,5$ ,  $n$  es el tamaño de muestra 452. De este modo se tiene que:

$$452 = \left( \frac{Z_{\alpha/2}}{0,05} \right)^2 0,5 * 0,5$$

$$Z_{\alpha/2} = \sqrt{\frac{452}{0,5 * 0,5} * 0,05}$$

$$Z_{\alpha/2} = 2,12$$

Observando en las tablas de la normal estándar se puede observar que la probabilidad de dicho valor es de 98,30% que corresponde a un  $\alpha = 0,034$ . Es decir, la confianza aumenta en un 3,4% cuando el tamaño de muestra aumenta a 452.

### **Análisis de las medidas y tabla antropométrica**

#### **Levantamiento de las medidas establecidas a la muestra.**

Para el levantamiento de las medidas establecidas se acudió a la institución: Distrito de Policía de “La Delicia” y a la Unidad de Policía del Medio Ambiente (UPMA). El Distrito de Policía “La Delicia” es uno de los distritos de policía que abarca el aseguramiento de una gran parte de la población quiteña ya que cubre con cuatro parroquias urbanas y ocho rurales. La UPMA es una escuela policial, ubicada en la Armenia, valle de los Chillos, donde se prepara a las nuevas aspirantes para ser parte de la Policía Nacional del Ecuador. Tanto en el Distrito Policial “La Delicia” como la Escuela UPMA se encargan de preparar a los nuevos policías, donde su entrenamiento se enfoca en una preparación para el servicio y protección a la sociedad.

Como se puede observar, las medidas a llevar a cabo se realizarán en una población policial y su personal administrativo. Anteriormente, los requisitos antropométricos

(estatura, peso, etc.) para ingresar y ser parte de la Policía Nacional no eran reforzados, por lo que se estima que dicha población sea representativa de la PEA de Quito en cuanto a mediciones antropométricas. Es importante mencionar que no se cuenta con información sobre las etnias a las cuales pertenecen los policías ni sus edades. Es decir, no hay estadísticas de etnia ni edad de los policías quiteños. Para el levantamiento de información se midieron todos aquellos policías que se forman diariamente en el Distrito La Delicia. Además, se miden a los aspirantes a policía que son parte del Distrito. De igual manera se toman las medidas en la Escuela UPMA donde se encuentran la mayoría de las mujeres policías.

El Coronel López, junto con la Mayor Salcedo, les ordenaban a todos los policías que se realizaran las medidas antropométricas. Sin embargo, en caso de que el policía en cuestión no quisiera participar era libre de hacerlo. Las formaciones se realizaban todas las mañanas a las 8am. Los policías se formaban en filas esperando a ser medidos y se les explicaba el objetivo del trabajo así como se les respondía ante cualquier duda o inquietud.

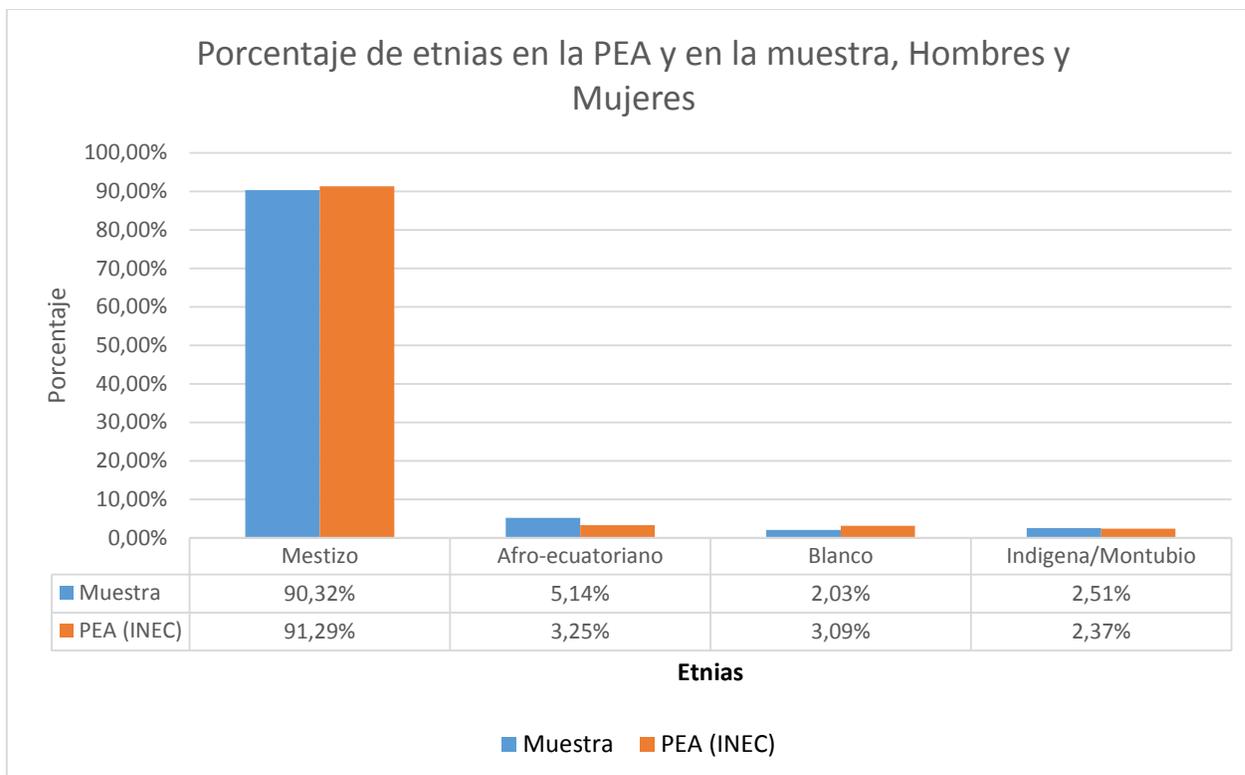
#### **Análisis estadístico de los datos.**

Anteriormente se determinó que la muestra debía cumplir con las proporciones tanto de género como de etnia de la población económicamente activa de Quito. Por lo tanto, primero se presenta un análisis general de la muestra para determinar si es representativa de la población. Además, para el análisis estadístico de las mediciones levantadas se realizan pruebas de normalidad tanto para hombres como para mujeres.

#### **Análisis general de la muestra.**

Anteriormente se determinó que la muestra debía cumplir con las proporciones tanto de género como de etnia de la población económicamente activa de Quito. Por lo tanto, es necesario analizar lo mencionado. En el Gráfico 1 mostrado a continuación se presenta una

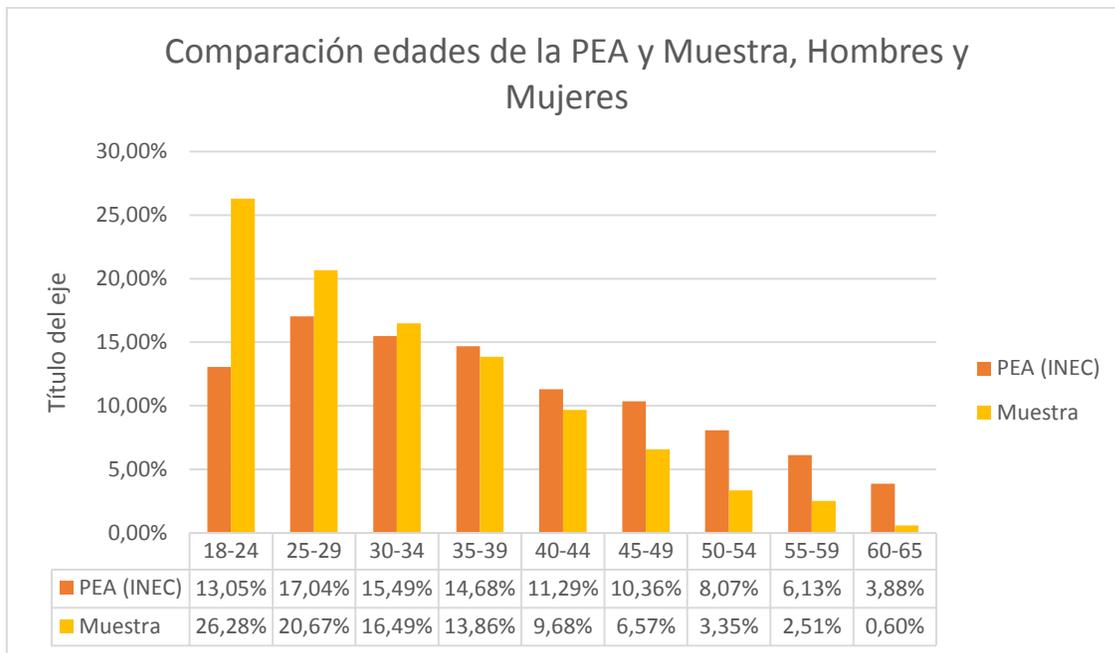
gráfica de barras donde se muestra el porcentaje de las etnias que sigue la PEA así como el porcentaje que siguen las personas medidas.



*Gráfico 1: Etnias en la PEA y en la muestra, Hombres y Mujeres. Realizado por los autores*

Se puede observar que existen diferencias menores a 2% en las proporciones de las etnias tanto de la población como de la muestra. Esto quiere decir, que la muestra tomada es representativa en cuanto a etnias de la población económicamente activa. Sin embargo es necesario analizar por edades para comprobar que también se cumple la proporción.

En el Gráfico 2, a continuación, se presenta una comparación entre las edades de la muestra y las edades de la población.



*Gráfico 2: Comparación edades de la PEA y muestra, hombres y mujeres. Realizado por los autores*

Se puede observar de manera general, tanto para hombres como para mujeres, existen dos grupos de edad para el cual la diferencia entre la muestra y la población es bastante notoria, el grupo de 18 a 24 años de edad y el grupo de edad desde 45 a 65. En el primer caso la diferencia excede el 10% mientras que en el segundo caso la diferencia no excede el 5%. La diferencia en el grupo de edad de 18 a 24 años se explica porque en la policía se dio apertura para medir también a los nuevos reclutas, que son jóvenes menores a 24 años aspirantes a formar parte la Policía Nacional del Ecuador. Al medir tantos jóvenes, la muestra se encuentra sesgada en cuanto a las edades. Del mismo modo, en cuanto a la distribución de edades de los grupos de 45 a 65 años, se puede observar que existen diferencias entre la muestra y la PEA. Esto se debe a las condiciones propias de la muestra tomada, los policías medidos no poseían las edades mencionadas. Sin embargo, por motivos de dificultad al momento de obtener voluntarios para realizar las mediciones, se

decidió aceptar estas personas jóvenes como parte de la muestra para representar a la población económicamente activa de la ciudad de Quito.

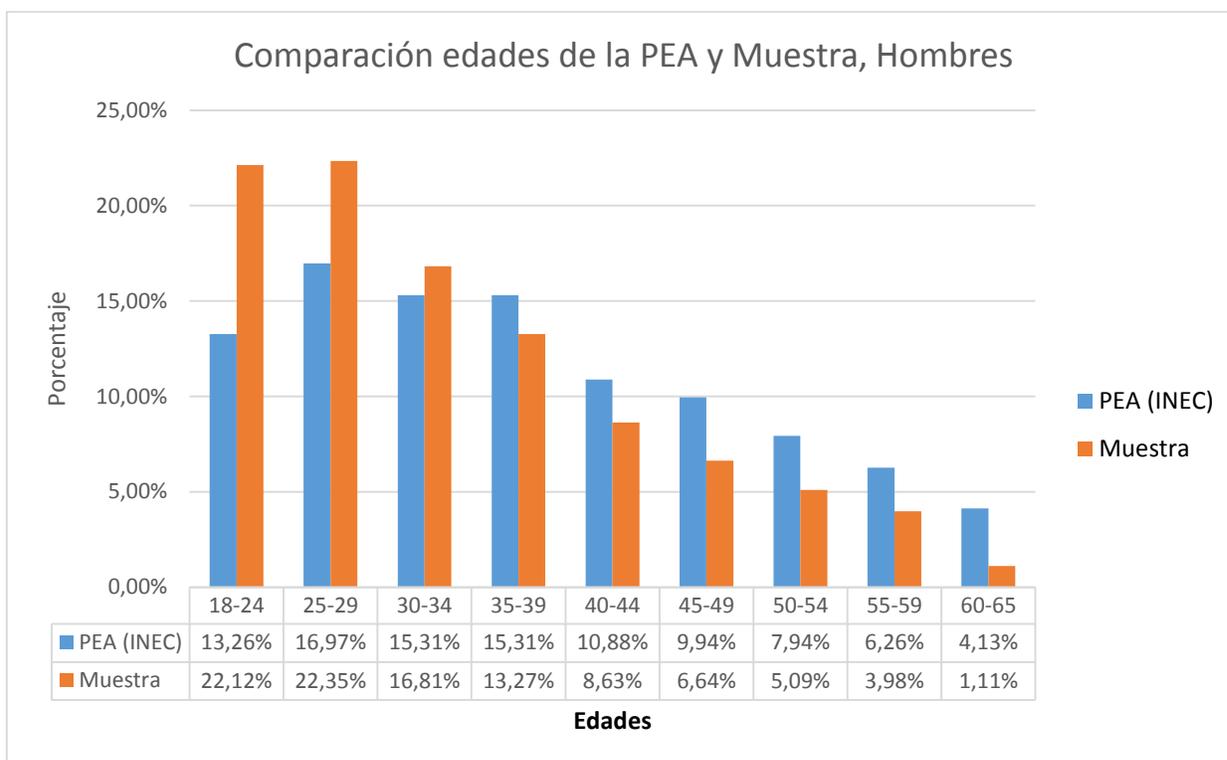
Una vez analizadas las características principales de la muestra en general, es necesario realizar un análisis por género (hombres y mujeres) sobre las características de la muestra y las medidas realizadas.

#### **Análisis de características de la muestra: Hombres.**

Al igual que para la muestra en general se debe analizar si la muestra del género masculino cumple con las proporciones necesarias tanto de edad como de etnias. Para esto es necesario analizar las semejanzas y diferencias que existen entre las edades de la población (PEA de Quito) y las de las personas medidas (muestra) con el fin de saber qué tan representativa es.

##### *Edad:*

Es necesario analizar las semejanzas y diferencias que existen entre las edades de la población (PEA de Quito) y las de las personas medidas (muestra) con el fin de saber qué tan representativa es. Para esto se realiza un gráfico de barras donde se presentan las proporciones de las edades de la población y de la muestra. A continuación se presenta el Gráfico 3 donde se muestra lo mencionado:

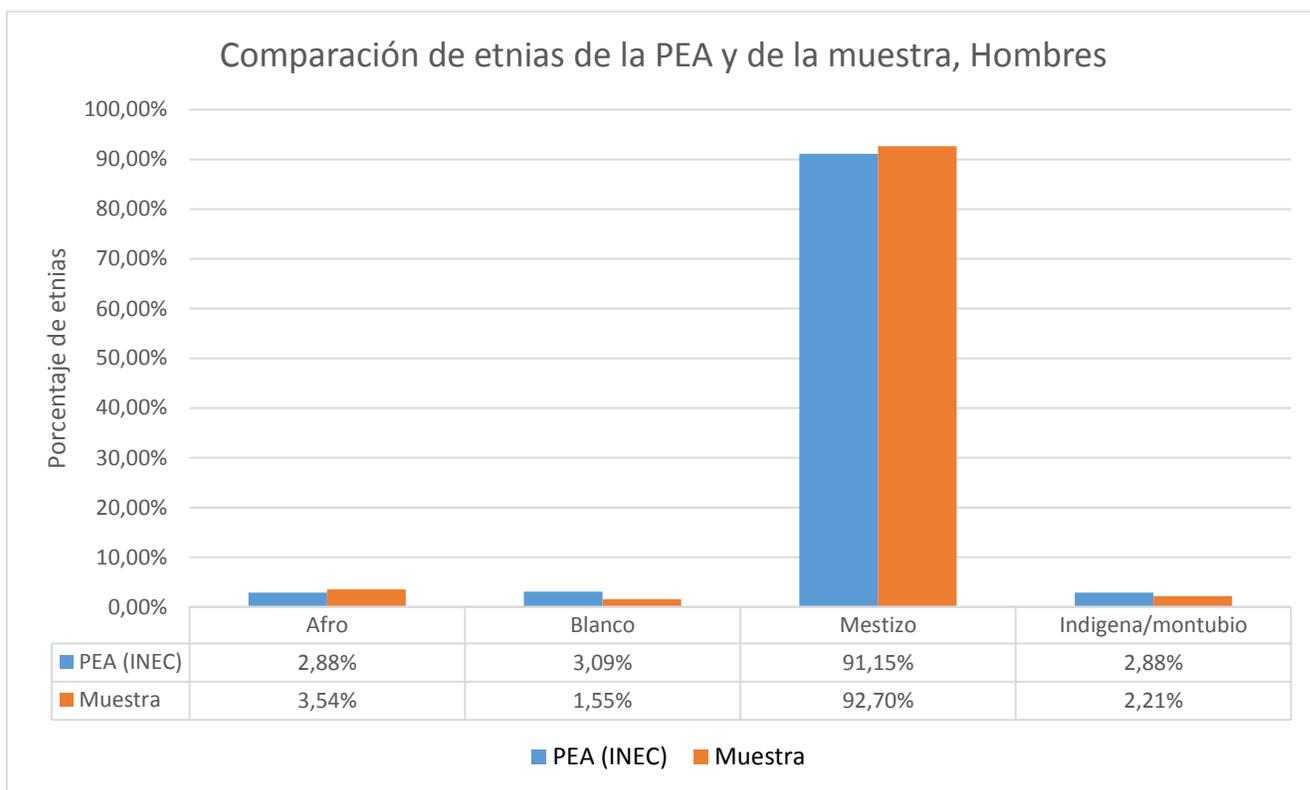


*Gráfico 3: Comparación edades de la PEA y Muestra, Hombres. Realizado por los autores.*

Se puede ver que de 18-24 años, de 25-29 años y desde 45 a 65 años existe una diferencia entre las proporciones de las edades. De 18-24 años se midieron aproximadamente 9% más personas, en proporción, de las que existen en la población económicamente activa. Es decir, en la PEA de Quito el 13% de los hombres tienen un rango de edad entre 18 y 24 años, mientras que en la muestra tomada el 22% de los hombres tienen dicho rango de edad. De igual manera de 25-29 años se midieron 5% más personas, en proporción, de las que existen en la PEA. Esto se justifica ya que la muestra tomada fue en la policía y los jóvenes reclutados en su mayoría tienen entre 18 y 25 años. El resto de intervalos de edades son semejantes y mantienen diferencias entre 2% y 3%. En el caso del grupo de edades desde 45 a 65 años se puede ver que en los rangos no existe una diferencia mayor a 4%. Sin embargo, esto se explica que en los policías medidos no fue posible encontrar personas de dichas edades.

*Etnia:*

En el Gráfico 4 mostrado a continuación, se presenta una comparación del porcentaje de etnias de la PEA con las de la muestra para el género masculino:



*Gráfico 4: Porcentaje de etnias en la PEA y en la muestra, Hombres. Realizado por los autores.*

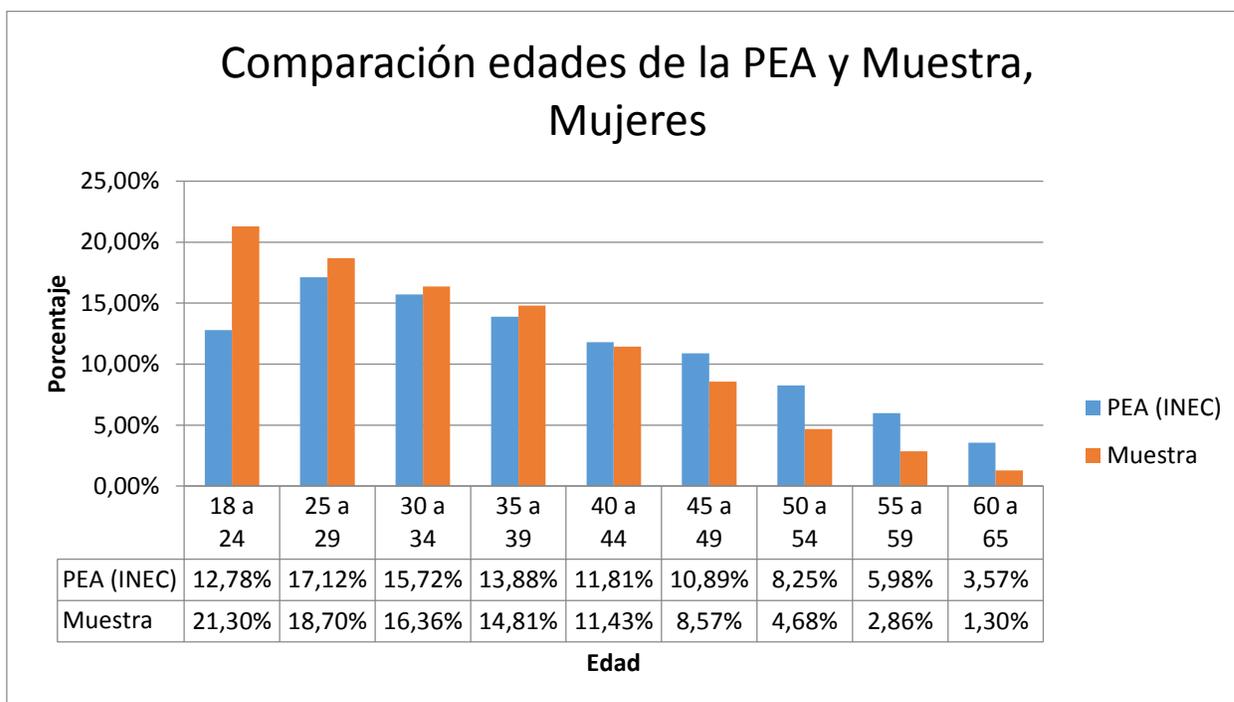
En el Gráfico 4, se puede observar que la distribución de las etnias en el género masculino es bastante uniforme. En ninguna de las categorías étnicas existe una diferencia mayor a 2% entre los porcentajes de las etnias que existen en la muestra y en la población. Por lo que se puede concluir que la muestra de hombres medidos es representativa de la PEA en cuanto a etnias.

### **Análisis de las características de la muestra: Mujeres.**

*Edad:*

En el Gráfico 5 de barras mostrado a continuación, se puede observar la comparación en porcentajes con respecto a las edades entre la población económicamente

activa de Quito y la muestra tomada de mujeres medidas para el presente trabajo. Si bien los porcentajes de edades entre la población y la muestra no son iguales, son muy similares con diferencias manejables entre ambas.



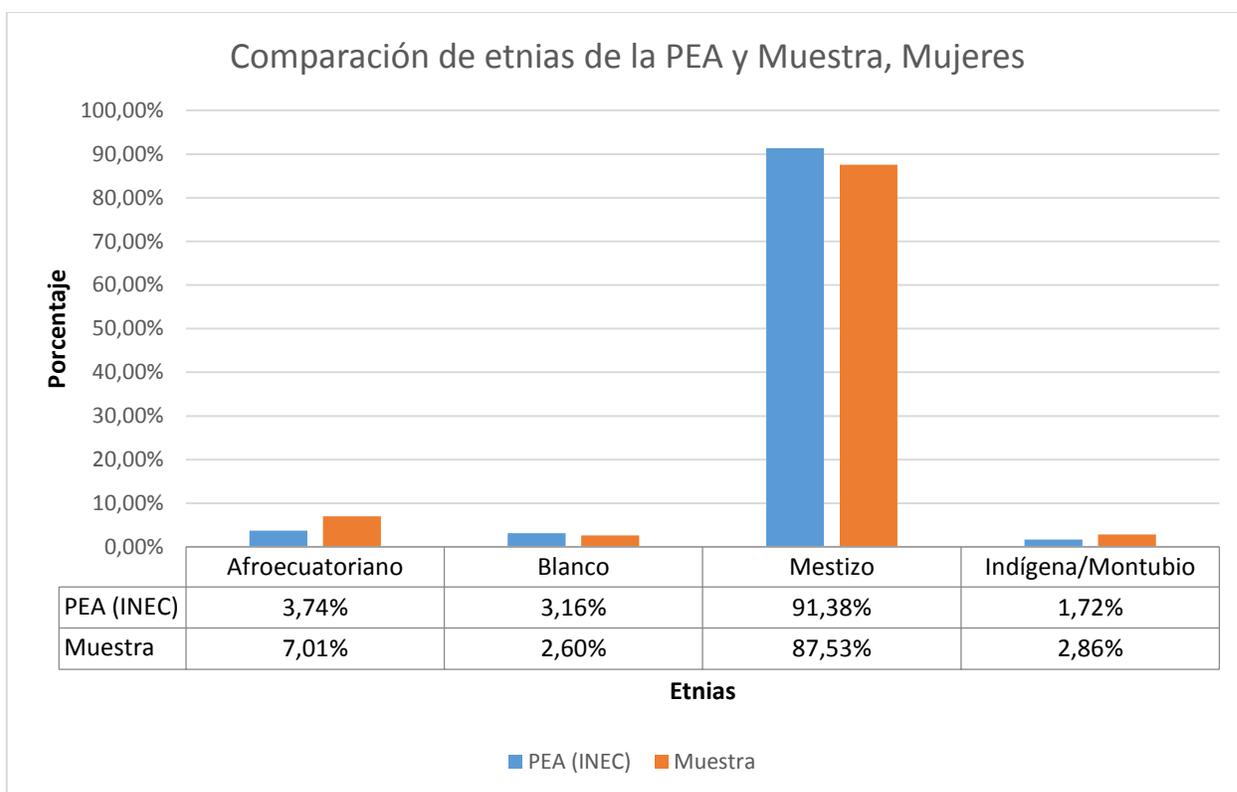
*Gráfico 5: Comparación de edades, mujeres. Realizado por los autores*

La mayor diferencia se presenta en el grupo de edad, de 18 a 24 años, en el cual se presenta una diferencia de 8,52 puntos. Esto quiere decir que en la población existe aproximadamente un 13% de mujeres que tienen entre 18 y 24 años, y de todas las mujeres medidas en el presente estudio el 21% aproximadamente se encuentran dentro de este mismo grupo de edad. La diferencia se explica al tomar en cuenta que la muestra se realizó en la policía donde se dio la apertura para medir a las mujeres aspirantes a formar parte de la organización. Las nuevas reclutas son jóvenes entre 18 y 24 años. En cuanto a los grupos de edad desde 45 hasta 65 años se puede observar que en ningún rango de edades existe una diferencia mayor a 4%. Esta diferencia encontrada se puede explicar por la naturaleza de la

muestra tomada, donde no fue posible encontrar más gente de los mencionados rangos de edad.

*Etnia:*

De la misma manera que para la edad, se hace una comparación en cuanto a los porcentajes de etnias tanto de la población económicamente activa de la ciudad de Quito y la muestra de mujeres medidas en el presente estudio. A continuación, en el Gráfico 6, se muestra dicha comparación:



*Gráfico 6: Comparación de etnias, mujeres. Realizado por los autores*

En el Gráfico 6 se pueden apreciar los porcentajes de etnias tanto para la población como para la muestra. Se presentan dos principales diferencias en las mujeres afroecuatorianas y en las mestizas. Para las primeras, la muestra cumple con un mayor porcentaje (de 3% aproximadamente), y para el segundo grupo la población tiene un mayor porcentaje (de 4% aproximadamente). Esto se explica tomando en cuenta que la muestra se

tomó de la policía, y este es un grupo en el cual la frecuencia de mujeres afro-ecuatorianas es mayor en comparación a la población económicamente activa de Quito en general.

**Análisis estadístico de las medidas realizadas.**

En los

Anexo 2 y Anexo 3, en los Gráficos (8-35) y en los Gráficos (36-63) se presenta un resumen estadístico para cada medida tomada tanto para hombres como para mujeres respectivamente. El resumen fue realizado en MINITAB 16. Se pueden observar algunas medidas importantes de tendencia central y de dispersión, tales como la media, mediana, desviación estándar, primer cuartil, tercer cuartil, entre otros. Además, se presentan los intervalos de confianza de 95% para la media, mediana y desviación estándar y las pruebas de normalidad Anderson-Darling y Kolmogorov-Smirnov con su respectivo valor P. Es importante mencionar que en cuanto a la normalidad de los datos se ha ejecutado una prueba Anderson-Darling y una Kolmogorov Smirnov. Como se ha mencionado anteriormente, se sabe que la muestra presenta un sesgo debido a las edades de los individuos así como una falta de aleatoriedad (medidas realizadas en los policías quienes ya han pasado por un filtro). Por lo tanto, para concluir acerca de la normalidad de los datos se ha decidido hacerlo por medio de la prueba KS ya que la prueba Anderson- Darling se diferencia de la Kolmogorov Smirnov en que la primera le da mayor peso a las colas (sesgo de la muestra) (Banks, Carson II, Nelson, & Nicol, 2004). Para concluir acerca de la normalidad se ha establecido un nivel de confianza del 95%,

#### **Análisis de datos ambas poblaciones.**

Una vez analizadas por separado las muestras de hombres y de mujeres, se quiere indagar sobre la normalidad de los datos cuando ambas poblaciones se juntan. En los Gráficos (64-91) del Anexo 4 se presenta el resumen estadístico de los datos de las muestras unidas para cada una de las medidas tomadas. En el resumen se presentan medidas de tendencia central y de dispersión como la media, mediana, moda, desviación estándar, cuartiles, etc. Además, para concluir acerca de la normalidad de los datos se utiliza la prueba KS mencionada anteriormente.

En la Tabla 19 mostrada a continuación se presenta un resumen sobre la normalidad de las medidas para la población combinada de hombres y mujeres, para la población de hombres y para la población de mujeres:

Medida	Normalidad mujeres (46%) y hombres (54%)			Normalidad Hombres			Normalidad Mujeres		
	SI/NO	$x$	$\sigma$	SI/NO	$x$	$\sigma$	SI/NO	$x$	$\sigma$
Sentado sin erguirse	NO	-	-	SI	86.64	2.508	SI	83.392	3.242
Sentado erguido	NO	-	-	SI	90.029	2.411	SI	85.495	3.136
Agarre vertical sentado	SI	115.86	5.72	SI	119.16	4.09	SI	111.98	4.88
Altura muslo	SI	15.132	1.857	SI	15.333	1.721	SI	14.897	1.982
Altura rodilla	NO	-	-	SI	53.837	3.288	SI	52.533	3.505
Altura poplíteo	SI	41.754	3.857	SI	41.654	4.023	SI	41.871	3.655
Glúteo- rodilla	SI	55.911	2.603	SI	56.481	2.259	SI	55.241	2.815
Glúteo- poplíteo	SI	45.998	2.726	SI	45.927	2.776	SI	46.081	2.668
Ancho de las caderas	NO	-	-	SI	36.232	2.591	SI	37.131	3.069
Distancia codo-codo	SI	46.012	4.363	SI	47.598	3.872	SI	44.151	4.170
Distancia codo-asiento	SI	26.541	2.919	SI	26.758	2.956	SI	26.286	2.857
Estatura	NO	-	-	SI	169.01	4.32	SI	158.99	5.970
Agarre vertical parado	NO	-	-	SI	198.63	6.01	SI	185.85	8.260
Agarre horizontal parado	SI	71.597	4.021	SI	73.897	3.144	SI	68.897	3.172

Tabla 19: Normalidad de las poblaciones. Realizado por los autores.

Se puede observar que en general las medidas de las poblaciones independientes de hombres y mujeres siguen una distribución normal. Sin embargo, para el caso de las medidas de la población combinada éste no es el caso.

### Limitaciones y problemas encontrados en las mediciones

A continuación se presenta una lista de los problemas y limitaciones principales detectadas al llevar a cabo las mediciones. Problemas en las herramientas de medición y limitaciones de la población analizada.

- Uno de los principales problemas que se presentaron al llevar a cabo las mediciones fue con la escala del antropómetro. La herramienta mencionada no tenía una escala suficiente para realizar mediciones mayores a 60cm. Para solucionar esto, la medida que no estaba contemplada en la escala del antropómetro se la completaba con el flexómetro. Por ejemplo, al medir la distancia desde el glúteo hasta la rodilla el antropómetro no medía más de 60cm y en algunos casos habían medidas de 62cm que tocaba completar con el flexómetro. Este problema se presentó sobretodo en la población masculina y la población femenina afro ecuatoriana en la medida: longitud glúteo- poplíteo. El problema mencionado introduce un error en la medición.
- La población analizada, policías que trabajan en Quito, son una población especial. Una población especial es aquella que tiene características diferentes a la población normal. Al ser una población especial, se presenta el riesgo de que la muestra esté sesgada hacia dicha población. Esto afecta directamente a la aleatoriedad de la muestra tomada.
- Parte de la población medida, los aspirantes de 18-25 años introducen un sesgo en los resultados obtenidos. Como mencionado anteriormente, en la actualidad existen estándares para ser parte de la policía. Esto hace que la muestra en cuanto a las edades 18-25 esté sesgada hacia alturas más elevadas de las que realmente es la población económicamente activa de Quito.

- En cuanto a las proporciones de las edades de la muestra no se cumple completamente con las mismas con respecto a la población. Esto se debe a la dificultad existente en el levantamiento de la información. Los policías disponibles para las mediciones presentan las edades levantadas en los datos. Esto es una limitación ya que se está sujeto a las condiciones (edades, género, raza) del grupo de la población que se está midiendo. En este caso, se midió un grupo grande de nuevos reclutas de la policía, como mencionado anteriormente, es por eso que se presenta una mayor cantidad de personas bajo el grupo de edad 18-25 que en el resto de grupo de edades. Esto además implica que la muestra tomada no es completamente aleatoria.

### **Tabla antropométrica para la población establecida**

#### **Determinación de percentiles.**

Como se puede observar en la Tabla 19 anterior, todas las medidas, tanto para hombres como para mujeres, siguen una distribución normal con parámetros establecidos. No ocurre lo mismo con las medidas cuando se juntan ambos grupos, esto es de esperarse ya que existen algunas medidas en las cuales los hombres y mujeres son distintos por naturaleza, por lo que es necesario hacer una distinción entre ambos géneros. Por lo tanto, es posible hacer cálculo de percentiles en búsqueda de reunir la información más importante recolectada en una tabla antropométrica adecuada separada por géneros: hombres y mujeres.

Para hacer cálculo de los percentiles, se hace uso de las fórmulas 14 y 15, expuestas en la sección Percentiles. del CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO. No hay sólo un criterio

para calcular percentiles muestrales (Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2008). De hecho, importantes programas de computación estadística entregan resultados diferentes debido a que usan criterios similares, pero no iguales (Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2008). No debe causar sorpresa, entonces, encontrar estas diferencias originadas por la falta de un procedimiento universalmente aceptado (Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2008). Por lo tanto, es necesario demostrar el cálculo de manera manual, para asegurar que los datos obtenidos con el software son similares y apropiados. Para esta demostración, se va a hacer uso de los datos de la medida estatura para hombres, medida que ha sido escogida de manera aleatoria y se van a calcular dos percentiles, el 5 y 95.

En primer lugar, se deben ordenar los datos de manera ascendente (de menor a mayor), tomando en cuenta la posición de cada uno de estos datos dentro del grupo. En el Anexo 5, se encuentran los datos de la estatura de los 452 hombres ordenados de manera ascendente con su posición. Una vez ordenados, es necesario encontrar la posición del percentil deseado:

### **Percentil 5**

El cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$\left[ \frac{p(N - 1)}{100} \right] + 1 = k, d$$

Donde  $p = 5$  y  $N = 452$

$$\left[ \frac{5(452 - 1)}{100} \right] + 1 = 23.55$$

En este caso, la posición del percentil 5 es la posición 23.55 ( $k = 23$  y  $d = 0.55$ ).

Es necesario realizar una interpolación lineal entre los datos que se encuentran en la

posición 23 y 24 para encontrar el valor exacto del percentil deseado. La interpolación se realiza de la siguiente manera:

$$x_5 = x_{[23]} + 0.55(x_{[24]} - x_{[23]})$$

Buscando los valores en la posición 23 y 24 son  $x_{[23]} = 162.6$  y  $x_{[24]} = 162.7$ , por lo tanto

$$x_5 = 162.6 + 0.55(162.7 - 162.6) = 162.655$$

El percentil 5 es 162.655 para la estatura de hombres de la población económicamente activa de la ciudad de Quito.

### **Percentil 95**

El cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$\left[ \frac{p(N-1)}{100} \right] + 1 = k, d$$

Donde  $p = 95$  y  $N = 452$

$$\left[ \frac{95(452-1)}{100} \right] + 1 = 429.45$$

En este caso, la posición del percentil 95 es la posición 429.45 ( $k = 429$  y  $d = 0.45$ ). Es necesario realizar una interpolación lineal entre los datos que se encuentran en la posición 429 y 430 para encontrar el valor exacto del percentil deseado. La interpolación se realiza de la siguiente manera:

$$x_{95} = x_{[429]} + 0.55(x_{[430]} - x_{[429]})$$

Buscando los valores en la posición 429 y 430 son  $x_{[429]} = 176.1$  y  $x_{[430]} = 176.2$ , por lo tanto

$$x_{95} = 176.1 + 0.45(176.2 - 176.1) = 176.145$$

El percentil 95 es 176.145 para la estatura de hombres de la población económicamente activa de la ciudad de Quito.

Para el cálculo del resto de los percentiles para todas las medidas realizadas se hace uso del Software EXCEL 2010, específicamente la fórmula:

$$PERCENTIL(matriz,k)$$

Donde *matriz* se refiere a los datos ordenados de manera ascendente (de menor a mayor) a los cuales se les quiere encontrar los percentiles, y *k* al valor del percentil deseado. Es decir, si se desea encontrar el percentil 5

$$k = 0.05$$

Si se desea hallar el valor del percentil 95 del grupo de datos,

$$k = 0.95$$

A continuación, se muestran los percentiles 5 y 95 obtenidos en EXCEL 2010, mediante la aplicación de la fórmula del software, para la estatura de hombres:

Estatura hombres	
Percentil	Medida
	=PERCENTIL(\$B\$2:\$B\$453,0.05)
9	PERCENTIL(matriz, k)

Gráfico 7: Demostración del cálculo de percentiles en Excel 2010. Realizado por los autores

En el Gráfico 7 se observa la aplicación y demostración de la fórmula del software, donde se muestra la matriz con una longitud de 452 filas, que son los datos de la estatura de los 452 hombres tomados en la muestra, y se muestra el percentil 5 a calcular. A continuación en la Tabla 20, se muestran los resultados obtenidos:

Estatura hombres	
Percentil	Medida
5	162.655
95	176.145

*Tabla 20: Percentiles 5 y 95 para estatura de hombres. Realizado por los autores*

En la Tabla 20 se observan los resultados obtenidos para el cálculo de percentiles. Comparando con los resultados obtenidos mediante la aplicación de las fórmulas para el cálculo de manera manual, se puede observar que no existe diferencia alguna entre ambos resultados obtenidos. Por lo tanto, EXCEL 2010 es el software a utilizar en el cálculo de los 19 percentiles a tomar en cuenta (5, 10, 15, ..., 95) para cada una de las medidas por género

### **Tabla antropométrica**

Una vez calculados los percentiles para las medidas, tomando en cuenta los parámetros de la distribución para dichas medidas y los intervalos de confianza sobre la media y desviación estándar, se presenta la tabla antropométrica (Tabla 21) de la población adulta económicamente activa de la ciudad de Quito:

MEDIDAS	G	Media	ICmedia95%	DesvStd	ICDesvStd95%	P5	P10	P15	P20	P25	P30	P35	P40	P45	P50	P55	P60	P65	P70	P75	P80	P85	P90	P95		
AlturaSentado sin erguirse	F	83.39	83.07	83.72	3.24	3.03	3.49	77.67	79.15	80.17	80.86	81.33	81.75	81.97	82.49	82.91	83.22	83.73	84.17	84.69	85.14	85.67	86.15	86.82	87.39	88.55
	M	86.64	86.41	86.87	2.51	2.36	2.68	82.10	83.40	84.07	84.42	84.80	85.40	85.80	86.20	86.50	86.90	87.20	87.50	87.70	88.00	88.40	88.70	89.30	89.79	90.40
AlturaSentado erguido	F	85.50	85.18	85.81	3.14	2.93	3.38	80.32	81.29	82.01	82.78	83.38	83.77	84.34	84.80	85.22	85.63	86.08	86.44	86.79	87.19	87.53	87.90	88.67	89.25	90.52
	M	90.03	89.81	90.25	2.41	2.26	2.58	85.70	86.70	87.30	88.00	88.58	89.00	89.30	89.64	90.00	90.30	90.50	90.80	91.00	91.50	91.70	92.00	92.40	92.90	93.65
Agarre vertical sentado	F	111.98	111.49	112.47	4.88	4.56	5.25	104.41	105.83	106.68	107.88	108.59	109.63	110.36	110.90	111.54	112.22	112.86	113.44	114.04	114.64	115.38	115.93	116.69	117.90	119.58
	M	119.16	118.78	119.54	4.09	3.84	4.37	112.30	113.81	114.97	115.80	116.68	117.20	117.89	118.40	118.80	119.40	119.80	120.20	120.70	121.27	121.70	122.30	123.20	124.40	125.75
Altura muslo	F	14.90	14.70	15.10	1.98	1.85	2.13	11.52	12.50	12.96	13.40	13.80	13.92	14.20	14.40	14.68	14.80	15.02	15.30	15.50	15.80	16.10	16.40	16.74	17.30	18.18
	M	15.33	15.17	15.49	1.72	1.62	1.84	12.50	13.20	13.67	13.90	14.30	14.50	14.70	14.90	15.10	15.20	15.40	15.70	15.90	16.20	16.43	16.70	17.10	17.69	18.20
Altura rodilla	F	52.53	52.18	52.88	3.51	3.27	3.77	46.34	47.64	48.80	49.60	50.10	50.60	51.20	51.50	52.08	52.60	53.02	53.84	54.40	54.90	55.40	55.90	56.44	56.80	57.48
	M	53.84	53.53	54.14	3.29	3.09	3.52	48.40	49.50	50.40	51.00	51.40	51.90	52.40	52.90	53.30	53.90	54.41	55.10	55.52	55.80	56.43	56.98	57.40	57.90	58.90
Altura popliteo	F	41.87	41.51	42.24	3.66	3.41	3.93	35.80	37.10	37.90	38.70	39.50	40.02	40.50	40.90	41.30	41.90	42.70	43.10	43.46	44.08	44.50	45.00	45.60	46.30	47.38
	M	41.65	41.28	42.03	4.02	3.78	4.30	35.16	36.50	37.30	38.22	38.90	39.40	40.00	40.40	41.10	41.80	42.20	42.66	43.32	43.87	44.30	44.98	45.84	46.69	48.39
Longitud glúteos rodilla	F	55.24	54.96	55.52	2.82	2.63	3.03	50.16	51.70	52.86	53.38	53.70	54.00	54.30	54.50	54.90	55.40	55.70	56.10	56.50	56.70	57.10	57.50	58.00	58.40	59.38
	M	56.48	56.27	56.69	2.26	2.12	2.42	52.80	53.60	54.07	54.62	55.00	55.30	55.60	56.00	56.30	56.50	56.70	57.00	57.32	57.60	58.00	58.40	58.70	59.30	60.20
Longitud glúteos popliteo	F	46.08	45.81	46.35	2.67	2.49	2.87	41.90	42.54	43.20	43.80	44.20	44.60	45.00	45.40	46.10	46.50	46.80	47.10	47.38	47.90	48.40	48.70	49.60	50.28	
	M	45.93	45.67	46.18	2.78	2.61	2.97	41.56	42.31	43.00	43.60	44.00	44.40	44.70	45.10	45.60	45.90	46.30	46.70	47.00	47.30	47.73	48.30	49.04	49.60	50.45
Ancho caderas	F	37.13	36.82	37.44	3.07	2.87	3.30	32.54	33.54	34.26	34.70	35.20	35.50	35.80	36.36	36.70	37.00	37.30	37.60	38.00	38.20	38.90	39.42	39.90	40.90	41.80
	M	36.23	35.99	36.47	2.59	2.43	2.77	32.36	33.10	33.60	34.12	34.50	34.80	35.20	35.50	35.80	36.10	36.40	36.70	37.00	37.20	37.50	38.00	38.70	39.50	41.29
Ancho codo codo	F	44.15	43.73	44.57	4.17	3.90	4.49	37.42	38.90	39.90	40.78	41.40	41.90	42.34	42.70	43.20	43.80	44.30	44.90	45.60	46.30	46.90	47.52	48.74	50.12	51.48
	M	47.60	47.24	47.96	3.87	3.64	4.14	41.60	42.80	43.60	44.44	45.10	45.50	45.90	46.40	46.70	47.10	47.61	48.10	48.72	49.40	50.10	50.70	51.77	52.50	54.05
Distancia codo asiento	F	26.29	26.00	26.57	2.86	2.67	3.07	21.50	22.44	23.40	24.00	24.20	24.50	25.10	25.40	25.90	26.30	26.90	27.20	27.40	27.80	28.30	29.00	29.30	29.80	31.10
	M	26.76	26.49	27.03	2.96	2.78	3.16	21.50	22.91	23.80	24.50	24.90	25.20	25.59	26.04	26.50	26.75	27.20	27.60	28.00	28.27	28.80	29.20	29.84	30.50	31.70
Estatura	F	158.99	158.39	159.59	5.97	5.58	6.42	149.46	151.25	153.20	153.98	154.92	155.85	156.80	157.40	158.04	158.67	159.34	160.08	161.06	161.81	162.90	163.98	165.41	166.62	168.79
	M	169.01	168.62	169.41	4.32	4.05	4.62	162.66	164.11	165.07	165.60	166.10	166.60	167.29	167.80	168.30	168.85	169.40	169.90	170.40	171.07	171.73	172.48	173.64	174.60	176.15
Agarre vertical parado	F	185.85	185.02	186.67	8.26	7.71	8.89	173.28	175.41	176.85	178.68	179.75	180.77	182.29	183.67	184.99	185.57	186.58	187.47	188.53	189.94	191.42	192.50	194.98	197.45	200.01
	M	198.63	198.08	199.19	6.01	5.64	6.43	189.16	191.10	192.60	193.90	194.90	195.60	196.50	197.10	198.00	198.60	199.10	199.76	200.92	201.67	202.53	203.40	204.64	205.99	208.29
Agarre horizontal	F	68.90	68.58	69.22	3.17	2.96	3.41	63.50	64.70	65.52	66.39	66.81	67.17	67.70	68.21	68.67	69.02	69.44	69.77	70.24	70.52	71.08	71.62	72.10	72.73	74.00
	M	73.90	73.61	74.19	3.14	2.95	3.36	69.16	69.81	70.50	71.20	71.60	72.20	72.40	73.04	73.40	73.85	74.20	74.50	75.22	75.50	76.10	76.50	77.30	78.00	79.15
F: Femenino																										
M: Masculino																										

Tabla 21: Tabla antropométrica. Realizada por los autores

## **Poblaciones combinadas**

El análisis de poblaciones combinadas es útil cuando no se cuenta con tablas antropométricas por género individuales. Es decir, se cuenta con una tabla antropométrica general en la que se sabe la proporción de cada género que existe en la tabla. Cuando se cuenta con tablas de poblaciones combinadas es necesario que las medidas antropométricas representadas sigan una distribución normal. Por lo general, no siempre cuando se combinan dos distribuciones normales se obtiene una distribución normal. Este es el caso de la población combinada, aun cuando las tablas antropométricas por género contienen medidas que distribuyen normal no es posible asegurar que las medidas de las tablas de poblaciones combinadas distribuyan normal.

En este caso se desea analizar qué sucede con la normalidad de los datos cuando las proporciones de género de la población combinada cambian. Es necesario realizar un análisis de las poblaciones combinadas cuando se requiere diseñar un puesto de trabajo u objeto que vaya a ser utilizado por ambos géneros, tanto para hombres como para mujeres. Para esto, se debe tomar en cuenta las proporciones de los géneros dentro del tamaño de la muestra y de la población, manteniendo la proporcionalidad en cuanto a las etnias dentro del grupo poblacional.

De este modo, a continuación se realiza un análisis de poblaciones combinadas en tres distintas proporciones en cuanto al género y mismas proporcionalidad de las etnias. Las tres poblaciones combinadas se presentan en las Tablas 22-24, a continuación:

ETNIAS	MUJERES		HOMBRES	
Mestizo	337	87.5%	419	92.7%
Afro-ecuatoriano	27	7.0%	16	3.5%
Blanco	10	2.6%	7	1.5%
Indígena/Montubio	11	2.9%	10	2.2%
	385	100%	452	100%
	<b>837</b>			
	<b>46%</b>		<b>54%</b>	

Tabla 22: Escenario 1: 46% mujeres y 54% hombres. Realizada por los autores

En la Tabla 22 se observa la primera población combinada. Esta es la muestra completa levantada para el presente proyecto: 385 mujeres y 452 hombres. La población tiene 46% de mujeres y 54% de hombres, proporción ligeramente distinta a la proporcionalidad de género de la población, que es 40% de mujeres y 56% de hombres. Por lo que la segunda población combinada a analizar es la de la población:

ETNIAS	MUJERES		HOMBRES	
Mestizo	305	87.5%	419	92.7%
Afro-ecuatoriano	24	7.0%	16	3.5%
Blanco	9	2.6%	7	1.5%
Indígena/Montubio	10	2.9%	10	2.2%
	348	100%	452	100%
	<b>800</b>			
	<b>44%</b>		<b>56%</b>	

Tabla 23: Escenario 2: 44% mujeres y 56% hombres. Realizada por los autores

En la Tabla 23 se presenta la población combinada que mantiene la proporción de géneros de la población económicamente activa en la ciudad de Quito: 44% de mujeres y 56% de hombres. El tamaño de la población se calcula en función de mantener la proporcionalidad de las etnias y cumplir con el requerimiento de géneros planteado (0.44-0.56).

Se presenta una tercera población combinada: de 40% de mujeres y 60% de hombres para analizar y comparar las anteriores poblaciones combinadas cuando la

proporción de géneros varía de manera distinta. Se muestra a continuación, la tercera población combinada a analizar:

ETNIAS	MUJERES		HOMBRES	
Mestizo	245	87.5%	389	92.7%
Afro-ecuatoriano	20	7.0%	15	3.5%
Blanco	7	2.6%	7	1.5%
Indígena/Montubio	8	2.9%	9	2.2%
	280	100%	420	100%
	<b>700</b>			
	<b>40%</b>		<b>60%</b>	

*Tabla 24: Escenario 3: 40% mujeres y 60% hombres. Realizada por los autores*

En la Tabla 24 presentada se puede observar el número de personas por género y etnia para cumplir con las proporciones deseadas de género, manteniendo la proporcionalidad de etnias, para el análisis de la población combinada.

Con las tres poblaciones combinadas ya determinadas en cuanto al número de personas por género y etnia, se realizan pruebas de normalidad sobre los datos de cada una de las catorce medidas. Estos datos corresponden a las catorce medidas antropométricas de las personas que se especifican en cada una de las tres tablas anteriores. Si una medida no es normal para una población combinada de hombres y mujeres en específico, la estimación de los percentiles y parámetros a utilizar para el diseño del puesto de trabajo no es de fácil estimación y cálculo.

Previamente ya se presentaron los resultados obtenidos sobre las pruebas de normalidad realizadas para la primera población combinada de todos los datos levantados en el presente proyecto, para mayor información referirse a la Tabla 19. Para las otras dos poblaciones combinadas, se han realizado pruebas de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov en el software INPUT ANALYZER de ARENA, estos resultados obtenidos se muestran en el Anexo 6. A continuación, se muestra el resumen de los resultados obtenidos

en cuanto al análisis de la normalidad de cada una de las medidas por cada población combinada:

Medida	Normalidad mujeres (46%) y hombres (54%)			Normalidad mujeres (44%) y hombres (56%)			Normalidad mujeres (40%) y hombres (60%)		
	SI/NO	$x$	$\sigma$	SI/NO	$x$	$\sigma$	SI/NO	$x$	$\sigma$
Sentado sin erguirse	NO	-	-	NO	-	-	NO	-	-
Sentado erguido	NO	-	-	NO	-	-	NO	-	-
Agarre vertical sentado	SI	115.86	5.72	SI	116.06	5.703	SI	116.37	5.598
Altura muslo	SI	15.132	1.857	SI	15.14	1.849	SI	15.18	1.836
Altura rodilla	NO	-	-	NO	-	-	NO	-	-
Altura poplíteo	SI	41.754	3.857	SI	41.76	3.866	SI	41.77	3.896
Glúteo- rodilla	SI	55.911	2.603	SI	55.96	2.620	SI	56.04	2.558
Glúteo- poplíteo	SI	45.998	2.726	SI	46.03	2.734	SI	46.07	2.713
Ancho de las caderas	NO	-	-	NO	-	-	NO	-	-
Distancia codo-codo	SI	46.012	4.363	SI	46.15	4.349	SI	46.37	4.320
Distancia codo-asiento	SI	26.541	2.919	SI	26.53	2.915	SI	26.56	2.885
Estatura	NO	-	-	NO	-	-	NO	-	-
Agarre vertical parado	NO	-	-	NO	-	-	NO	-	-
Agarre horizontal parado	SI	71.597	4.021	SI	71.72	3.996	SI	72	3.88

Tabla 25: Resumen pruebas de normalidad para poblaciones combinadas. Realizada por los autores

Observando la Tabla 25, existen algunas medidas que no siguen una distribución normal para las poblaciones combinadas tomando en cuenta las proporciones de género y etnia, éstas son:

- Sentado sin erguirse
- Sentado erguido
- Altura de la rodilla
- Ancho de las caderas
- Estatura
- Agarre vertical parado

Para éstas medidas la determinación de los percentiles es diferente, por lo que se debe utilizar un método distinto al utilizado para la determinación de percentiles

anteriormente expuesto. Como se mencionó en el CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO en la sección Percentiles. el mejor método para la determinación de percentiles de las medidas relevantes, en poblaciones combinadas que distribuyen normal, para un puesto de trabajo en específico es el de Roebuck (Córdova Vallejo & Fernández, 1994).

## **Aplicaciones**

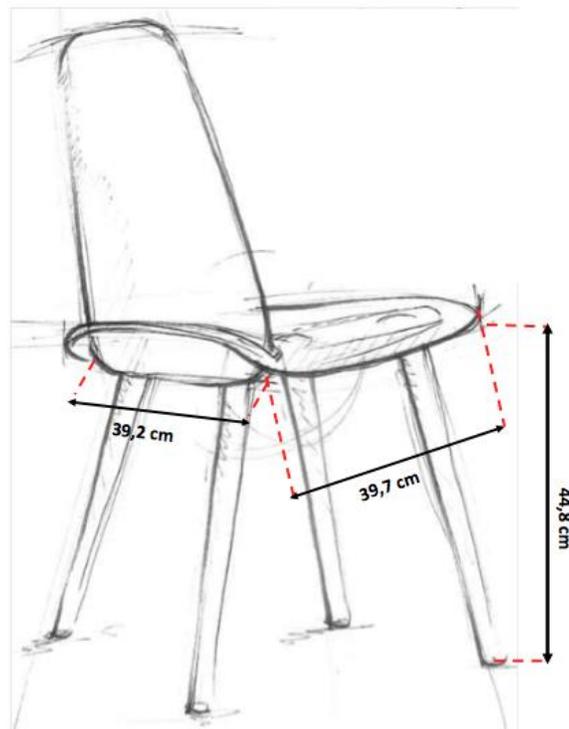
### **Aplicaciones de las medidas de la tabla antropométrica.**

Cuando se desea diseñar una máquina, un mueble, un puesto de trabajo, una herramienta, etc., es necesario tomar en consideración si el diseño se realizará para una persona, para un grupo de personas o para una población (Mondelo, Gregori, & Barrau, Ergonomía 1: Fundamentos, 2000). Los casos más sencillos son cuando se desea realizar un diseño para una sola persona o un grupo de personas ya que solamente es necesario tomar las medidas de las personas de interés y decidir el tipo de diseño. Cuando se quiere diseñar un puesto de trabajo para una población es necesario contar con datos (media, desviación estándar y percentiles) representativos de la misma (Llaneza, 2007). En todos los casos es necesario analizar el tipo de diseño que se realizará: diseño para el promedio, para individuos extremos o para un intervalo ajustable (Llaneza, 2007). El diseño para el promedio no es aconsejable ya que el hombre medio no existe; se utiliza en contadas situaciones cuando la medición no tiene mucha relevancia o precisión. El diseño para los extremos se refiere a diseñar de acuerdo a las medidas extremas de la población; si se desea que todas las personas tengan acceso por una puerta es necesario diseñar de manera que el sujeto más alto pase por la misma, en este caso se utilizará el 95 percentil (Llaneza, 2007). Por el otro lado si se desea que un botón de pulsación de emergencia esté a la distancia

pertinente para que todos tengan acceso a él, es necesario considerar aquellas personas que tienen la menor medida, en este caso se utiliza el 5 percentil. Finalmente, las mediciones realizadas para un intervalo ajustable se refiere a aquellos puestos de trabajo donde se incorporan elementos de ajuste al objeto/puesto diseñado (Llaneza, 2007).

### *Análisis de calce*

Por otro lado, cuando se tienen objetos ya diseñados y construidos, es preciso realizar un análisis de calce del objeto con la población del estudio. Esto es necesario para determinar el porcentaje de población que dicho objeto cubre con respecto a las medidas antropométricas apropiadas y relevantes. Para la demostración de este calce, se ha medido una silla común de trabajo de la Universidad San Francisco de Quito con un flexómetro. A continuación, se muestra una ilustración de la silla y las medidas tomadas:



*Imagen 14: Esquema de silla y medidas tomadas para el análisis del calce con la población. Imagen obtenida de: (Geckeler, 2012). Editada por los autores.*

Como se puede observar en la Imagen 14, se han tomado tres medidas de una silla las cuales están directamente relacionadas a las medidas antropométricas siguientes:

- Altura poplíteo
- Ancho caderas
- Longitud glúteos – poplíteo

El análisis del calce pretende demostrar que la silla no se ajusta a toda la población de mujeres, hombres y mujeres y hombres combinados de la PEA de Quito, sino únicamente a un porcentaje de la misma. Además, este análisis es de gran utilidad para demostrar la aplicabilidad de la tabla antropométrica generada en el presente trabajo y el análisis de las poblaciones combinadas mostrado anteriormente.

En cuanto a mujeres y hombres por separado, ya se ha demostrado que las medidas siguen una distribución normal. Por lo tanto, se tiene que buscar el valor de la medida en cuestión de la silla en la tabla antropométrica y revisar a qué percentil corresponde. Además, para corroborar el resultado obtenido, el porcentaje correspondiente de personas que no se ajustan a la silla en cualquiera de las tres medidas relevantes, se puede calcular por medio de la fórmula 16:

$$z = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma}$$

Una vez encontrado el valor de z, se puede determinar la probabilidad acumulada para una distribución normal estándar. A continuación, se muestran los resultados obtenidos del análisis de calce para mujeres y hombres por separado:

Medida	Género	x	Tabla antropométrica	$\mu$	$\sigma$	z	% de personas
Altura poplíteo	F	44.8	P75-P80	41.87	3.66	0.801	78.83%
	M		P75-P80	41.65	4.02	0.784	78.34%
Ancho caderas	F	39.7	P80-P85	37.13	3.07	0.837	79.87%
	M		P90-P95	36.23	2.59	1.34	90.98%
Longitud glúteos - poplíteo	F	39.2	<P5	46.08	2.67	-2.577	0.50%
	M		<P5	45.93	2.78	-2.42	0.77%

Tabla 26: Resumen del análisis de calce para hombres y mujeres de manera independiente. Realizado por los autores

Como se puede observar en la Tabla 26, se ha calculado el porcentaje de personas para el cual las medidas más relevantes de una silla de trabajo están diseñada, tanto para hombres como para mujeres de manera separada y no combinada. Por ejemplo, el ancho de la silla es de 39.7 cm, este valor buscándolo en la tabla con respecto a la medida ancho caderas para mujeres se encuentra entre los percentiles 80 y 85, mientras que para los hombres se ubica entre los percentiles 90 y 95. Calculando la probabilidad acumulada dentro de la distribución normal estándar correspondiente a este valor, se obtiene un 80% aproximadamente para mujeres y 91% para hombres. De este modo, queda demostrado que la tabla antropométrica generada es lo suficientemente robusta para determinar los percentiles de una medida correspondientes a las poblaciones de mujeres y hombres. En cuanto a la altura del poplíteo y la longitud glúteos - poplíteo, se calculan de la misma manera los percentiles y los porcentajes acumulados y se observa el porcentaje de personas que abarca la respectiva medida de la silla en la población femenina y la población masculina.

Por otro lado, como se ha mencionado en el análisis de poblaciones combinadas anterior, el cálculo de los percentiles cuando se tienen las poblaciones tanto de hombre como mujeres juntas en una sola tabla combinadas en proporción de géneros conocida, no se puede realizar de la misma manera. Córdova Vallejo & Fernández (1994) mencionan que

el método más robusto para el cálculo de percentiles en poblaciones combinadas es el de Roebuck. A continuación, se muestra la manera de estimar percentiles según Roebuck para poblaciones combinadas cuya proporción de géneros es conocida (Córdova Vallejo & Fernandez, 1994):

$$p = ap_1 + bp_2$$

donde  $p$  es el valor del percentil deseado,  $a$  y  $b$  son las proporciones de las mujeres y hombres dentro de la población combinada respectivamente y,  $p_1$  y  $p_2$  son los porcentajes acumulados de la medida en cuestión dentro de la población de hombres y mujeres respectivamente. Ya se calcularon los porcentajes de adecuación de las tres medidas tanto para hombres como para mujeres (ver Tabla 26), por lo que ahora es necesario realizar este promedio ponderado para obtener el percentil de la población combinada. En este caso, el análisis del calce se realiza con la población combinada de la muestra, es decir con 54% hombres y 46% mujeres. A continuación, se muestra el análisis del calce para la silla en la población combinada mencionada:

Medida	Género	Proporción	x	% de personas	Percentil (Roebuck)
Altura poplíteo	F	46%	44.8	78.83%	78.56%
	M	54%		78.34%	
Ancho caderas	F	46%	39.7	79.87%	85.87%
	M	54%		90.98%	
Longitud glúteos poplíteo	F	46%	39.2	0.50%	0.65%
	M	54%		0.77%	

Tabla 27: Resumen del análisis de calce para hombres (54%) y mujeres (46%) combinados. Realizado por los autores

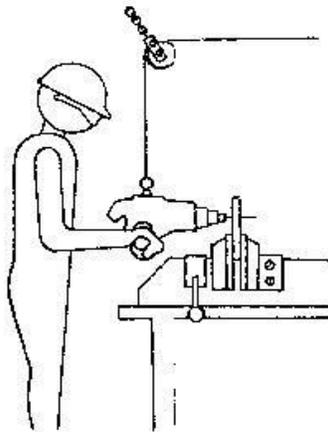
Como se puede observar en la Tabla 27, se calcula el promedio ponderado de los percentiles de la adecuación de la medida en la población combinada según el método de Roebuck, tomando en cuenta la proporción de los géneros dentro de la población. Por ejemplo, para la medida ancho caderas, la silla en cuestión utilizada para el presente

análisis cubre el 86% aproximadamente de toda la población combinada en las proporciones descritas de hombres y mujeres.

Para el diseño de puestos, como mencionado anteriormente, es necesario determinar la cantidad de la población que se quiere abarcar. Anteriormente se determinó que las medidas siguen una distribución normal por lo que es posible aplicar la fórmula 16 para encontrar la medida que debe tener el componente a diseñar del puesto de trabajo o simplemente utilizar las medidas presentadas en la tabla antropométrica. En el diseño del puesto de trabajo es necesario considerar dos casos: diseño de puesto de trabajo parado y diseño de puesto de trabajo sentado.

***Diseño de puesto de trabajo parado:***

En la Imagen 15 se presenta el esquema de un puesto de trabajo parado.



*Imagen 15: Puestos de trabajo parado. Obtenido de: (Escuela Colombiana de Ingeniería, 2009)*

Se puede observar que en este caso es necesario tomar en consideración el alcance máximo vertical parado de manera que los operadores puedan acceder a la herramienta que se encuentra colgada del techo. Es preciso determinar para quién se va a diseñar y la cantidad de la población que se desea abarcar en el diseño. En este caso se desea que el percentil 5 de las mujeres alcance la herramienta, esto quiere decir que incluso las más

pequeñas deben ser capaces de alcanzarla. El percentil 5 de las mujeres para la medida alcance máximo vertical parado es 173,28 cm. Es decir, la herramienta deberá estar a una altura de 173,28 cm desde el piso para que únicamente el 5% de las mujeres más bajas tenga problemas de acceso o que el 95% de las mujeres alcancen a coger la herramienta suspendida desde el techo. El porcentaje correspondiente de hombres que no alcanzarán a la herramienta se puede calcular por medio de la fórmula 16:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

En este caso  $x = 173,28 \text{ cm}$ ,  $\mu = 198,63 \text{ cm}$  y  $\sigma = 6,01 \text{ cm}$  (los dos últimos valores se pueden encontrar en la tabla antropométrica para la medida alcance vertical parado).

$$z = \frac{173,28 - 198,63}{6,01} = -4,22$$

Al observar en la tabla normal estándar la probabilidad correspondiente a un valor de  $z$  de  $-4,22$  es  $0,00542\%$ . Es decir que únicamente el  $0,00542\%$  de los hombres no tendrá acceso a la herramienta colgada del techo. En la Imagen 16 presentada a continuación se muestra un esquema del diseño de la herramienta colgada desde el techo:

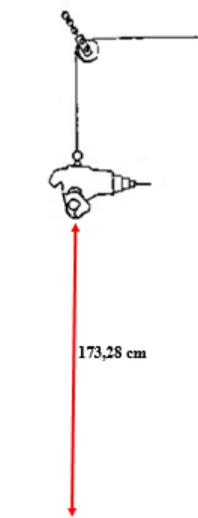
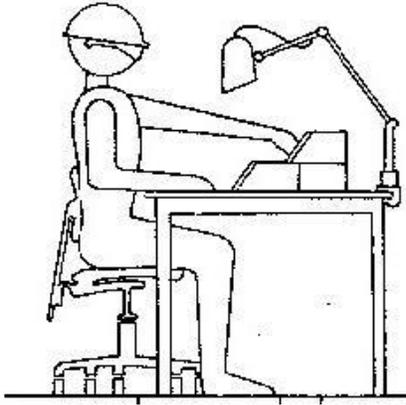


Imagen 16: Altura herramienta. Imagen obtenido de: (Escuela Colombiana de Ingeniería, 2009), editada por los autores.

### ***Diseño de puesto de trabajo sentado:***

En la Imagen 17 se presenta el esquema de un puesto de trabajo sentado.



*Imagen 17: Puestos de trabajo sentado. Obtenido de: (Escuela Colombiana de Ingeniería, 2009)*

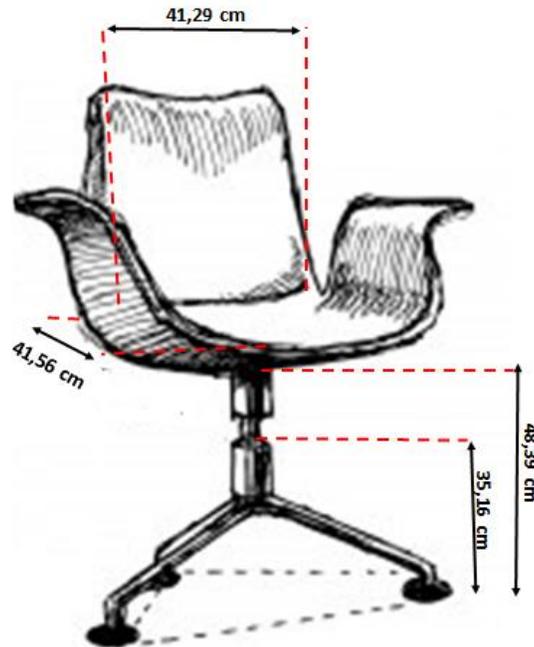
Se puede observar que en este caso es necesario analizar tanto el diseño de la silla como el diseño de la mesa, así como definir quién va a hacer uso de la silla y de la mesa y cuantas personas de la población se desea abarcar.

Se determina que la silla será diseñada para hombres. Para la altura de la silla es necesario tomar en cuenta la altura poplítea. En este caso, de ser posible se puede realizar un diseño para un intervalo ajustable de manera que se abarque una mayor cantidad de la población en el correcto uso de la silla. Para que la mayor parte de la población pueda acomodarse de la mejor manera es necesario establecer el rango del diseño ajustable. Se desea que los hombres más pequeños y los hombres más grandes puedan adoptar una postura ergonómica. El rango de diseño variará dependiendo de la cantidad de la población que se desee abarcar. En este caso el rango de diseño se define desde el percentil 5 hasta el percentil 95. Esto quiere decir que 5% de los hombres más pequeños y 10% de los hombres más altos tendrán problemas de ajuste. En la tabla antropométrica se puede observar que dichos valores, respectivamente son 35,16 cm y 48,39 cm.

Una vez definida la altura de la silla es necesario definir la base de la silla; largo y ancho. El largo de la silla puede ser definido por la medida glúteo- poplíteo. Es importante mencionar la persona debe estar sentada contra el espaldar de la silla y debe ser capaz de tocar el suelo con los pies. Por lo tanto, se debe considerar aquellas personas que cuentan con la menor distancia del glúteo al poplíteo ya que si éstos logran tocar el suelo con los pies, los más grandes también lo harán. Se quiere abarcar el percentil 5 de la medida glúteo- poplíteo de los hombres. En la tabla antropométrica se puede observar que dicho valor es de 41,56 cm.

El ancho de la silla debe ser tal que la mayoría de las caderas de la población masculina entren en la silla. La medida antropométrica que define lo mencionado es el ancho de las caderas. Como mencionado, se requiere que la mayor parte de la población entre en la silla. Se define el requerimiento de que el 95 percentil de los hombres sea el que entra en la silla; 41,29 cm (referirse a la tabla antropométrica). Esto quiere decir que el 95% de los hombres entrará en la silla.

En la Imagen 18 a continuación se presenta un esquema de la silla diseñada para los hombres:



*Imagen 18: Diseño de silla. Imagen obtenida de (123RF, 2014). Editada por los autores.*

*Editada por los autores.*

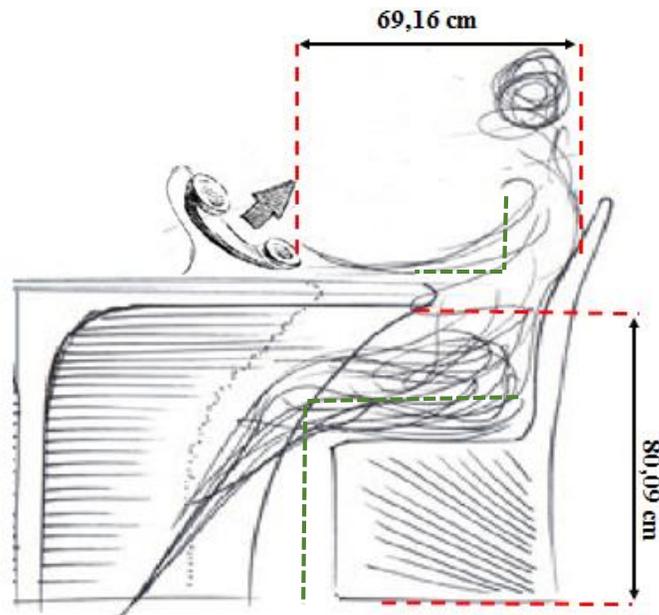
Para el diseño de la mesa se debe determinar su altura y la posición de objetos para que sean alcanzables. La altura de la mesa está dada por la distancia del codo al asiento y la altura de la silla. Anteriormente, se determinó que la altura máxima del asiento es de 48,39 cm. El percentil 95 de la distancia codo asiento para hombres es de 31,70 cm. Entonces la altura de la mesa es:

$$\text{Altura mesa} = 48,39 \text{ cm} + 31,70 \text{ cm} = 80,09 \text{ cm}$$

Por lo tanto la altura de la mesa debe ser de 80,09 cm.

La posición de los objetos sobre la mesa para que éstos sean alcanzados está dada por el alcance máximo de agarre horizontal. Si se desea que el 95% de la población de hombres alcance a agarrar un objeto que está lo más lejano, sin tener que pararse, es necesario tomar en cuenta los hombres con la menor distancia de agarre. Se define acomodar a los hombres con alcance horizontal mayor o igual al 5 percentil, cuyo valor corresponde a 69,16 cm.

A continuación en la Imagen 19 se presenta un esquema de las medidas encontradas:



*Imagen 19: Alcance de objeto y altura de la mesa. Imagen obtenida de: (Architonic, 2014). Editada por los autores.*

En la Imagen 19, las líneas verdes punteadas muestran la posición correcta que debe existir entre la mesa y los codos así como la posición de las piernas. Tanto los codos como las piernas deben formar un ángulo de  $90^\circ$  para considerarse la posición ergonómicamente correcta.

### ***Aplicación en la Policía Nacional***

El ejemplo presentado anteriormente, es un ejemplo ilustrativo de cómo se utilizan las medidas antropométricas para el diseño de los puestos de trabajo. En el caso de la Policía Nacional, el diseño de los puestos de trabajo podría ser realizado de manera similar. Las medidas antropométricas presentadas pueden tener el uso que se desee, depende de la imaginación del diseñador. Si se deseara diseñar otras cosas diferentes a puestos de trabajo, es necesario levantar información pertinente sobre las medidas requeridas.

## CONCLUSIONES

A partir de los trabajos investigativos que se han realizado en el campo de la antropometría dedicada al diseño de puestos de trabajo en general, se han encontrado varias semejanzas que comparten los mismos. Entre estas similitudes, vale la pena mencionar la importancia que tienen las medidas antropométricas de una población específica, en cuanto al diseño y adecuación de los puestos de trabajo. Todos estos trabajos han coincidido en la importancia que tienen, en cuanto a la reducción y eliminación de enfermedades laborales, molestias y dolencias al momento de laborar, y posibles lesiones debido a equipos que no son diseñados adecuadamente para la población en cuestión.

Al realizar una investigación y revisión literaria en cuanto a las medidas relevantes para el diseño de los puestos de trabajo sentado y parado se encontró que existen 250 medidas del cuerpo humano. Sin embargo, de éstas, 14 son relevantes para el diseño de puestos de trabajo en cuestión. Las medidas definidas surgieron de aquellas utilizadas en estudios similares donde se diseñaban distintos puestos de trabajo. Para la descripción estandarizada de cada una de las medidas se recurrió al *Anthropometric Source Book Vol II: A Handbook for Anthropometric Data* de la NASA, donde se especifican, grafican y detallan las 250 medidas existentes.

Las herramientas a utilizar en el trabajo se definieron de acuerdo a criterios de presupuesto y utilidad. La investigación sobre las herramientas disponibles en el mercado para la toma de medidas antropométricas demostró que existen, dentro de las principales, las siguientes: tallímetro, antropómetro, calibre, cinta antropométrica, goniómetro, flexómetro, entre otros. Para cada una de éstas, existen recomendaciones para su uso. En base a esto se realizó un análisis de virtudes y limitaciones de las herramientas y se

eligieron aquellas que cumplieran con características de presupuesto y utilidad. Es importante mencionar que cuando se realizaron las mediciones el antropómetro no presentó la escala necesaria para abarcar las medidas de toda la muestra. Es decir, la escala fue menor de la esperada de manera que para completar la medida que no podía ser tomada fue necesario introducir otra herramienta. Esto genera un error de medición en los datos, el problema se presentó en la medición glúteo-poplíteo de los hombres. Sin embargo, el antropómetro fue de gran utilidad y confiabilidad en cuanto al resto de medidas. Es importante mencionar que las herramientas utilizadas no son las mejores herramientas disponibles en el mercado, ya que existen aquellas con un mayor nivel de precisión y alta tecnología.

Es importante mencionar que dentro de los estudios analizados que se han realizado en el campo de la antropometría, no se logró encontrar referencias sobre los métodos de medición de sujetos. Debido a que el método representa una de las fuentes de variabilidad sobre las medidas a tomar, la definición del mismo es crítica y necesaria. Aun cuando no se encontró un método estandarizado, se encontraron definiciones de la ejecución de las medidas. A partir de ello se generó un método. El mismo, podrá servir de referencia para estudios posteriores que necesiten de una guía sobre cómo realizar las mediciones. Además, se tomaron en cuenta las herramientas a utilizar, la posición de los sujetos y los movimientos realizados por los medidores, haciendo que el flujo sea lo más continuo posible y que el sujeto se sienta lo menos incómodo. Con la definición del método se ha procurado evitar el error humano, mediante el seguimiento de un proceso estándar ya establecido para la toma de las medidas.

Para poder determinar si las herramientas y los operarios encargados de las mediciones no presentaban diferencias estadísticas entre sus mediciones se realizó un análisis R&R. Es importante mencionar que el análisis se realizó para demostrar si existía o

no diferencias en las medidas tomadas por los diferentes operadores con cada una de las herramientas. Este análisis permitió concluir que no existen diferencias, esto quiere decir que los operadores están en la capacidad de replicar las medidas y que entre ellos no existe diferencia en las mediciones; lo que mide un operario es estadísticamente igual a lo del otro con las herramientas dadas. Es de suma importancia realizar un análisis R&R ya que da la seguridad de que las mediciones tomadas por ambos operadores serán las mismas y por lo tanto las medidas antropométricas serán lo menos variables en cuanto a operarios y herramientas.

En cuanto a la muestra obtenida, la misma fue recopilada a partir de las mediciones antropométricas de la Policía Nacional ubicada en el Distrito La Delicia. Dicho distrito forma policías que abarcan la seguridad de 4 parroquias urbanas y 8 rurales. La muestra obtenida de la PEA es confiable, aun cuando presenta un leve sesgo hacia las edades 18-25 años. Esto no es un problema ya que en cuanto a factores como la etnia y que sean parte de la PEA la muestra es representativa. Es importante mencionar, que en estudios anteriores se ha demostrado que existen diferencias estadísticas entre las diferentes etnias presentes en la población quiteña. Es por esto que es bastante importante cumplir con las proporciones de etnias. No existen estudios que revelen lo mismo para las diferentes edades por lo tanto, no se puede concluir acerca de este factor. Todas las personas medidas en la muestra son parte de la PEA por lo tanto, la muestra tomada es representativa.

La policía nacional es una población especial; entendiendo por ésta una población que ha pasado por algún tipo de filtro o caracterización previa. Aun cuando no habían existido estándares para ser parte de la misma, la población policial es una población ejercitada. La mayoría de los policías deben cuidar su físico. Aunque no existen rutinas de

ejercicios diarios muchos de ellos hacen ejercicio por su cuenta por lo que esto puede sesgar los resultados hacia personas de una contextura más delgada a la real.

Se tomaron las 14 medidas establecidas con las herramientas definidas y el procedimiento dado. Se notó una colaboración por parte de los miembros de la muestra tomada en la policía para representar a la población económicamente activa de Quito. Todos los datos obtenidos se recogieron registrándolos en una plantilla digital en una hoja electrónica, de modo que se minimizó el riesgo inminente de pérdida o distorsión de la información. Es importante mencionar que la plantilla de datos generada estaba en el orden del flujo de las mediciones de manera que se minimizaron la cantidad de movimientos en la hoja de datos.

Los policías a ser medidos podían decidir no participar en las mediciones, es decir la participación fue voluntaria. Sin embargo, no se presentaron casos en los que el/la policía decidía abandonar las mediciones una vez empezado el procedimiento. Algunos de los policías decidieron no participar desde un comienzo. De todas formas, la colaboración de los participantes fue la esperada y superada.

La tabla antropométrica generada en el presente estudio consta de los percentiles desde el 5 hasta el 95 de 14 medidas principales para el diseño de puestos de trabajo. Fue realizada en base a las medidas antropométricas de 837 personas, tamaño de muestra que representa un nivel de significancia de 95%. Esto quiere decir que se puede inferir sobre la población con respecto a la muestra con un nivel de confianza del 95%. Al diseñar los puestos de trabajo con la tabla generada se pretende reducir enfermedades laborales o dolencias en los puestos de trabajo. Para la demostración de cómo diseñar puestos de trabajo, en el estudio se presentó un ejemplo que presenta la manera en que toman las medidas de la tabla. La tabla antropométrica generada en este estudio es el primer paso para

el diseño de los puestos de trabajo adaptados a la población económicamente activa de Quito. Se espera que con dicha tabla sea posible diseñar los puestos de trabajo de la mejor manera, tomando en cuenta las medidas de los quiteños y no de otros individuos de otros países.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda que en todos los estudios posteriores similares al presente trabajo, se presente el método de medición a realizar. El método debe ser apropiado y estandarizado para la obtención de las medidas y podría ser de bastante utilidad basarse en el método propuesto por los autores. Al utilizar el mismo método en trabajos posteriores se pueden realizar investigaciones comparando los resultados obtenidos en ambos estudios. Esto permitirá evaluar el método y conocer si la manera en que se levantaron los datos fue la apropiada con un mayor nivel de confianza y de robustez.

Es importante que cuando se realicen este tipo de estudios no solamente se analicen las herramientas en cuanto a su utilidad y el factor económico sino que se tomen en cuenta las escalas, formas y calidad de las mismas. Esto para evitar que se presenten errores en la escala el momento de medir. Es decir, evitar que se introduzcan errores en las mediciones por el hecho de que las escalas de las herramientas son insuficientes para abarcar las medidas de toda la muestra.

Se recomienda tomar más datos para poder cumplir con las proporciones de edad existentes en la población económicamente activa de Quito. Si se toman más datos y se incorporan a los ya levantados es posible analizar si existen diferencias en los percentiles de las medidas obtenidas. Además, es posible determinar si existen diferencias estadísticas entre las medidas de las diferentes edades de la PEA. En caso de ser así se podrían generar tablas antropométricas por rango de edades para tomar en cuenta dichas edades. De igual manera, se puede realizar un análisis de poblaciones combinadas en los rangos de edades establecidos.

Es posible extender la cantidad de las medidas tomadas en la policía. Es decir, incluir medidas antropométricas enfocadas a las necesidades de la institución. Por ejemplo, incluir medidas antropométricas que sean relevantes para el diseño de uniformes, cascos, herramientas, etc... De esta manera se les podrá encontrar una mayor cantidad de aplicaciones a las medidas presentadas a la institución.

Se recomienda continuar con el estudio y toma de datos, ya sea en la policía o en la PEA de Quito. Es decir, mantenerse en una continua toma de medidas, para aumentar la confiabilidad de los percentiles encontrados y para tomar en cuenta los cambios existentes en la población que se generan en el tiempo. Es posible realizar un análisis sobre la inferencia de la población en un futuro de manera que se prevean los cambios generacionales y la adaptación de los puestos de trabajo sea oportuna.

Para poder analizar la situación actual en el país en cuanto a la adaptabilidad de los puestos de trabajo se podría realizar un estudio sobre los diseños de puestos existentes que están basados en las medidas de otras poblaciones. Para esto se pueden comparar los percentiles de las mediciones obtenidas para la PEA de Quito con tablas antropométricas de otros países como España, Estados Unidos, Chile, etc... Esto con el fin de identificar si existen diferencias significativas en los diseños de los puestos de trabajo y saber si los mismos aumentan la probabilidad de que se presenten enfermedades laborales.

Se recomienda extender el estudio no solamente en la cantidad de medidas a tomar sino también en determinar centro de masas así como distribución de pesos en los distintos segmentos del cuerpo. Esto sería de bastante utilidad para analizar las tareas de levantamiento de pesos, empuje o exigencias de postura. Se puede observar que existen un sinnúmero de aplicaciones de la antropometría que contribuyen a un mejoramiento de los puestos de trabajo y por tanto reducción de enfermedades laborales. Es un campo en el que

hay bastante por explotar y explorar, sobretodo en el ámbito ecuatoriano donde no se han realizado estudios previos.

## BIBLIOGRAFÍA

- 123RF. (2014). Recuperado el 07 de Mayo de 2014, de Dibujos de Sillas:  
[http://es.123rf.com/photo\\_8967147\\_dibujos-de-sillas.html](http://es.123rf.com/photo_8967147_dibujos-de-sillas.html)
- Aguirre, G. (17 de Julio de 2013). *Menores de Edad y su situación laboral*. Recuperado el 7 de Enero de 2014, de derechoecuador.com, La Hora:  
<http://www.derechoecuador.com/articulos/detalle/archive/doctrinas/derechodelaninezylaadolescencia/2005/11/24/menores-de-edad-y-su-situacioacuten-laboral>
- Aranu, J., Anguera, M., & Gomez, J. (1990). *Metodología de la investigación en ciencias del comportamiento*. (C. S.A., Ed.) Murcia: Secretariado de Publicaciones.
- Architonic. (2014). *Biophilia de Vondom*. Recuperado el 07 de Mayo de 2014, de Productos y materiales: <http://www.architonic.com/es/pmsht/biophilia-vondom/1255240>
- Arijit , K., & Biman , D. (2000). Maximum reach envelope for the seated and standing male and female for industrial workstation design. *Ergonomics*, 43(9), 1390-1404.  
 doi:10.1080/001401300421824
- Arvelo, A. (1998). *La capacidad de los procesos industriales*. Caracas: Universidad Católica Andrés Bello.
- Banks, J., Carson II, J., Nelson, B., & Nicol, D. (2004). *Discrete-Event System Simulation* (4 edición ed.). New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Banks, J., Carson, J., Nelson, B., & Nicol, D. (2005). *Discrete- Event System Simulation*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Behara, D., & Das, B. (2012). Structural anthropometric measurements of the Canadian adult population: the fallacy of the ‘average person’ concept. *Theoretical Issues in*

- Ergonomics Science*, 13(3), 380-392. doi:10.1080/1463922X.2010.505271
- Bubb, H. (2004). Challenges in the application of anthropometric measurements. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 5(2), 154-168.  
doi:10.1080/14639220210129378
- Chung, J., & Wong, T. (2007). Anthropometric evaluation for primary school furniture design. *Ergonomics*, 50(3), 323-334. doi:10.1080/00140130600842328
- Córdova Vallejo, X., & Fernandez, J. (1994). *Conceptual Errors in Anthropometric Percentile Values for Mixed Populations*. Wichita State University, Department of Industrial Engineering. Wichita: Taylor & Francis.
- Corporación Inmedical. (2011). *S.A.R.T (Sistema de Auditorías de Riesgos de Trabajo)*. Recuperado el 29 de Noviembre de 2013, de <http://arp.com.ec/sart.html>
- Croney, J. (1978). *Antropometría para diseñadores*. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili, S. A.
- Cruz, A., & Garnica, A. (2006). *Ergonomía aplicada* (Tercera ed.). España: ECOE Ediciones.
- Díaz, A. (2009). *Diseño Estadístico de experimentos*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.
- Eastman Kodak Company. (1983). *Ergonomic Design for people at work* (Vol. I). (S. Rodgers, Ed.) New York, Estados Unidos: VAN NOSTRAND REINHOLD.
- ecuadorinmediato.com. (31 de Octubre de 2013). *El periódico instantáneo del Ecuador*. Recuperado el 26 de Enero de 2014, de Se alista segunda etapa de depuración al interior de la Policía Nacional:  
[http://ecuadorinmediato.com/index.php?module=Noticias&func=news\\_user\\_view&id=2818750251&umt=se\\_alista\\_segunda\\_etapa\\_depuracion\\_al\\_interior\\_policia\\_nac](http://ecuadorinmediato.com/index.php?module=Noticias&func=news_user_view&id=2818750251&umt=se_alista_segunda_etapa_depuracion_al_interior_policia_nac)

ional

EL TELÉGRAFO. (31 de Julio de 2012). Cada 15 segundos un latinoamericano sufre un accidente de trabajo. *El Telégrafo*. Recuperado el 08 de Diciembre de 2013, de <http://www.telegrafo.com.ec/sociedad/item/cada-15-segundos-un-latinoamericano-sufre-un-accidente-de-trabajo.html>

Enríquez, C. (26 de Noviembre de 2012). Lesiones y accidentes afectan al trabajador. *El Comercio*. Recuperado el 08 de Diciembre de 2013, de [http://www.elcomerciodelecuador.es/negocios/Lesiones-accidentes-negocios-trabajadores-derechos\\_del\\_trabajador-salud-leyes\\_0\\_817118402.html](http://www.elcomerciodelecuador.es/negocios/Lesiones-accidentes-negocios-trabajadores-derechos_del_trabajador-salud-leyes_0_817118402.html)

Escuela Colombiana de Ingeniería. (2009). *Copernico*. Recuperado el 27 de Enero de 2014, de Diseño antropométrico de puestos de trabajo: <http://copernico.escuelaing.edu.co/lpinilla/www/protocols/ERGO/DISENO%20DE%20PUESTO%20DE%20TRABAJO%202009-2.pdf>

Estrada, J., Camacho, J., Restrepo, M., & Parra, C. (1998). Parámetros antropométricos de la población laboral colombiana 1995. *Revista Facultad Nacional Salud Pública*, 15(2), 112-139.

Fernández, J., Marley, R., Noriega, S., & Ibarra. (2008). *Ergonomía Ocupacional: Diseño y Administración del Trabajo* (Primera ed.). México: International Journal of Industrial Engineering.

Fernández, J., Marley, R., Noriega, S., & Ibarra, G. (2008). *Ergonomía Ocupacional*. México: International Journal of Industrial Engineering.

Fernández, S., Cordero, J., & Córdoba, A. (2002). *Estadística Descriptiva* (Segunda ed.). Madrid: ESIC Editorial.

García, G. (2010). *Laboratorio I: Medidas Antropométricas*. Laboratorio, USFQ,

- Ingeniería Industrial, Quito. Recuperado el 27 de Enero de 2014
- Geckeler, D. (25 de Junio de 2012). *Blog del Diseño*. Recuperado el 7 de Mayo de 2014, de Una personalidad y diseño friki: <http://blogdeldiseno.com/2012/06/25/una-personalidad-y-diseno-friki/>
- González, A., Floría, P., & Maestre, D. (2006). *Manual para el técnico en prevención de riesgos laborales* (Quinta ed.). Madrid: Fundación CONFEMETAL.
- Hallbeck, S. (2003). *Institute of Industrial Engineers*. Recuperado el 11 de Mayo de 2014, de Anthropometry & Biomechanics: <https://www.iienet2.org/Details.aspx?id=2632>
- Hitt, A., Black, & Porter. (2006). *administración*. México: Pearson.
- Huertas, J. (2010). *Antropometría: Introducción*. Recuperado el 02 de Septiembre de 2012, de <http://www.ugr.es/~jhuertas/EvaluacionFisiologica/Antropometria/antropintro.htm>
- IESS. (2010). *INFORME ANUAL DE ACTIVIDADES 2010*. Recuperado el 29 de Noviembre de 2013, de DIRECCIÓN DEL SEGURO GENERAL DE RIESGOS DEL TRABAJO: [http://www.iess.gob.ec/documentos/transparencia/lotaip\\_2010/renciacion\\_cuentas/INFORME%202010%20RENDICION%20DE%20CUENTAS%20SGRT.pdf](http://www.iess.gob.ec/documentos/transparencia/lotaip_2010/renciacion_cuentas/INFORME%202010%20RENDICION%20DE%20CUENTAS%20SGRT.pdf)
- IICA. (2004). *Métodos estadísticos aplicados a la investigación agrícola*. Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura.
- INEC. (2010). *inec.gob.ec*. Recuperado el 9 de Enero de 2014, de Resultados del Censo 2010: [http://www.inec.gob.ec/cpv/descargables/fasciculo\\_nacional\\_final.pdf](http://www.inec.gob.ec/cpv/descargables/fasciculo_nacional_final.pdf)
- INEC. (2011). *Inec.gob.ec*. Recuperado el 7 de Enero de 2014, de Análisis y proyección de la PEA del Ecuador: [http://www.inec.gob.ec/inec/index.php?option=com\\_remository&Itemid=420&func](http://www.inec.gob.ec/inec/index.php?option=com_remository&Itemid=420&func)

=startdown&id=945&lang=es

- INEC. (Diciembre de 2013). *Encuesta de Empleo, desempleo y subempleo*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Quito. Recuperado el Febrero 15 de 2014
- INEN. (1992). *Designación de tallas para prendas de vestir. Definiciones y procedimientos para medir el cuerpo humano*. Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2008). *Diseño del puesto de trabajo en oficinas y despachos en las administraciones públicas*. Consejería de empleo y mujer, Madrid. Recuperado el 5 de Mayo de 2014, de <http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobheadername1=Content-Disposition&blobheadervalue1=filename%3DGu%C3%ADa-PuestoTrabajo.pdf&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1220362141880&ssbinary=true>
- Jaramillo Paredes, J. (2010). *Diseño de un sistema de seguridad y salud ocupacional en el rastrillo del Grupo de Intervención y Rescate de la ciudad de Quito*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Escuela de Negocios y Comercio Internacional. Ibarra: PUCE.
- Karwowski, W. (2006). *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors* (Segunda ed., Vol. 1). Boca Ratón, Estados Unidos: Taylor and Francis.
- Kolawole, A., Owaba, C., & Ajisegiri, G. (2009). Anthropometric Variability Study of Two Nigerian Ethnic Groups. *Ergonomics SA*, 21(1).
- Kroemer, K., Kroemer, H., & Kroemer-Elbert, K. (2001). *Ergonomics: How to design for ease and efficiency*. New Jersey: Prentice Hall.

- Lavender, S., Marras, W., & Sabol, R. (2002). A Study of Female Mexican Anthropometric Measures Useful for Workstation Design in Light Manufacturing Facilities. *AIHA Journal*, 63(3), 300-304. doi:10.1080/15428110208984717
- Lee, W., Jung, K., Jeong, J., Park, J., Cho, J., Kim, H., . . . You, H. (2013). An anthropometric analysis of Korean male helicopter pilots for helicopter cockpit design. *Ergonomics*, 56(5), 879-887. doi:10.1080/00140139.2013.776703
- Lema, D. (2013). *Comparación estadística de medidas antropométricas entre mestizos, indígenas y afro ecuatorianos de la Región Sierra del Ecuador*. Quito: USFQ.
- Llaneza, J. (2007). *Ergonomía y sicología aplicada: Manual para la formación del especialista* (Octava ed.). Valladolid: Lex Nova S.A.
- López López, J. M., & Sánchez Monroy, D. (1983). *Resumen General del Seminario de Ergonomía en Quito*. Quito, Pichincha, Ecuador: Centro de Investigación Diseño y Comunicación INDICE.
- Lueder, R., & Allie, P. (2013). *Review: Arm Rest*. Austin.
- Marcilla, J., & Ruiz, J. (2012). *Organización y control del mantenimiento de instalaciones solares térmicas*. España: Ediciones Paraninfo, S.A.
- Martínez, C. (2002). *Estadística y Muestreo* (Onceava ed.). Bogotá: ECOE Ediciones.
- McCormick, E. (1976). *Ergonomía. Factores humanos en Ingeniería y Diseño*. Barcelona, España: Mc Graw Hill .
- Melillo, G. (Octubre de 2008). *Metrología*. Recuperado el 02 de Septiembre de 2012, de Goniómetro: <http://metrologia.fullblog.com.ar/goniometro.html>
- MINITAB 16. (2013). Estadístico de Anderson- Darling.
- MINITAB 16. (2013). Revisión general de R&R del sistema de medición. Recuperado el 12 de Marzo de 2014

- Miranda Rivera, L. N. (2006). *Seis Sigma: Guía para principiantes*. México: Panorama.
- Mondelo, P., Gregori Torada, E., & Barrau Bombardo, P. (2000). *Ergonomía I. Fundamentos*. Barcelona, España: Edicions UPC & Alfaomega Grupo Editor.
- Mondelo, P., Gregori, E., & Barrau, P. (2000). *Ergonomía I: Fundamentos* (Tercera ed.). Catalunya: Ediciones UPC.
- Mondelo, P., Gregori, E., Bombardo, P., & Blasco, J. (2008). *Ergonomía 3: Diseño de puestos de trabajo* (Segunda ed.). México: Alfaomega.
- Montgomery, D. (2010). *Control estadístico de la calidad* (3ra edición ed.). Mexico: Limusa Wiley.
- Montgomery, D. C. (2011). *Diseño y Análisis de Experimentos* (2a edición ed.). México: Limusa Wiley.
- Montgomery, D., & Runger, G. (2009). *Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería* (Segunda ed.). México: Limusa Wiley.
- Montgomery, D., & Runger, G. (2012). *Applied Statistics and Probability for Engineers* (5th edition ed.). Phoenix, Arizona, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- NASA. (1978). *Anthropometric Source Book Volume II: A Handbook of Anthropometric Data*. (Staff of Anthropology Research Project, Ed.) Ohio.
- NASA. (1978). *Anthropometric Source Book Volume II: A Handbook of Anthropometric Data*. National Aeronautics and Space Administration, Scientific and Technical Information Office. Yellow Springs: Staff of Anthropology Research Project Webb Associates.
- NASA. (1978). *Anthropometric Source Book: Volume I Anthropometry for Designers*. Yellow Springs, Ohio, USA: NASA Reference Publication.
- Palacios, E. (8 de Mayo de 2014). Información importante sobre la Policía Nacional en el

- Ecuador. (O. Cortés Andrade, & A. Mejía Viana, Entrevistadores) Quito, Pichincha, Ecuador.
- Pinzón García, J. F. (2011). Investigación Laboral: Enfermedades más frecuentes en el trabajo. *El Tiempo*. Recuperado el 08 de Diciembre de 2013, de [http://www.empleo.com/colombia/investigacion\\_laboral/enfermedades-mas-frecuentes-en-el-trabajo-----/7502189](http://www.empleo.com/colombia/investigacion_laboral/enfermedades-mas-frecuentes-en-el-trabajo-----/7502189)
- Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. (2008). *UCV Estadística*. Recuperado el 2 de Mayo de 2014, de Percentil: <http://www.ucv.cl/web/estadistica/percentil.htm>
- Quiñones , A. C., & Ramirez, J. J. (2009). DETERMINACIÓN DEL PERFIL ANTROPOMETRICO Y DE CONDICION FISICA DEL ESTUDIANTE DE LA ESCUELA MILITAR DE SUBOFICIALES “SARGENTO INOCENCIO CHINCA”. *Revista EDU-FISICA*. doi:ISSN 2027- 453X
- RAE. (2014). *Diccionario de la Lengua Española*. Obtenido de Real Academia española: <http://lema.rae.es/drae/?val=etnia>
- Restrepo, J. (2007). *Aseguramiento Metrológico Industrial*. (I. t. metropolitano, Ed.) Medellín: Textos Académicos.
- Roebuck, J., Kroemer, K., & Thomson, W. (1975). *Engineering Anthropometry Methods*. New York: Wiley-Interscience.
- Romero, R., & Zúnica, L. (2010). *Métodos estadísticos de ingeniería*. Valencia: EDITORIAL DE UPV.
- Ross, S. (2007). *Introducción a la estadística*. Barcelona: REVERTÉ.
- Ross, S. (2010). *A First Course in Probability* (8th edition ed.). Upper Saddle River, New Jersey, USA: Pearson Education, Inc.
- Ruiz, A., Floría, P., & Maestre, D. (2003). *Manual para la prevención de riesgos laborales*

*en las oficinas*. Madrid: Fundación CONFEMETAL.

Salkind, N. (1999). *Métodos de investigación*. México: Prentice Hall.

Sanders, M., & McCormick, E. (1993). *Human Factors in Engineering and Design*. New York, USA: McGraw-Hill, Inc.

Sepúlveda, D. (2010). *Academia.edu*. Obtenido de La variable etnia/raza en los estudios de estratificación social:

[http://www.academia.edu/1516661/La\\_variable\\_etnia\\_y\\_raza\\_en\\_los\\_estudios\\_de\\_estratificacion\\_social](http://www.academia.edu/1516661/La_variable_etnia_y_raza_en_los_estudios_de_estratificacion_social)

Sistema de Incorporación al Ejército. (2014). *Exámenes para ingreso*. Recuperado el 27 de Enero de 2014, de <http://www.ejercito.mil.ar/incorporacion/examen.html>

Spiegel, M. (1988). *Estadística* (2a edición ed.). Madrid, España: McGraw-Hill/Interamericana de España S.A.

U.S Department of Commerce Bureau of The Census. (1965). *National Health Survey*.

Recuperado el 27 de Enero de 2014, de Interviewers Manual:

[ftp://ftp.cdc.gov/pub/Health\\_Statistics/NCHS/Dataset\\_Documentation/NHIS/1965/fr1965FY.pdf](ftp://ftp.cdc.gov/pub/Health_Statistics/NCHS/Dataset_Documentation/NHIS/1965/fr1965FY.pdf)

Valero Cabello, E. (2008). *Antropometría*. Recuperado el 02 de Septiembre de 2012, de

Instituto Nacional de seguridad e higiene en el trabajo:

<http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Diseno%20del%20puesto/DTEAntropometriaDP.pdf>

Valero Cabello, E. (2010). *INSHT*. Recuperado el 27 de Enero de 2014, de Antropometría:

<http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Diseno%20del%20puesto/DTEAntropometriaDP.pdf>

Vega, J., & López, J. (2006). *Oficial de mantenimiento*. España: Editorial MAD.

Walpole, Myers, & Myers. (1999). *Probabilidad y estadística para ingenieros*. México:  
Prentice Hall.

## ANEXOS

### Anexo 1

A continuación se presenta la plantilla diseñada en Excel para la toma de los datos de acuerdo al flujo existente en la medición de los sujetos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Sujeto	Edad	Etnia	Sentado sin erguirse	Sentado erguido	TALLIMETRO Agarre vertical	Altura muslo	Altura rodilla	Altura popliteo	Gluteos - rodilla	Gluteos - popliteo	ANTROPOMETRO Ancho caderas	Codo a codo	FLEXOMETRO Codo - asiento	TALLIMETRO Estatura	Agarre vertical	FLEXOMETRO Agarre horizontal
2																	
3	1																
4	2																
5	3																
6	4																
7	5																
8	6																
9	7																
10	8																
11	9																
12	10																
13	11																
14	12																
15	13																
16	14																
17	15																
18	16																
19	17																
20	18																
21	19																
22	20																
23	21																
24	22																
25	23																
26	24																
27	25																

Imagen 20: Plantilla de Excel para la recopilación de datos. Realizado por los autores



## Anexo 2

A continuación se presenta el análisis estadístico para cada una de las catorce medidas para los hombres con el respectivo análisis de normalidad de los datos:

*Sentado sin erguirse:*

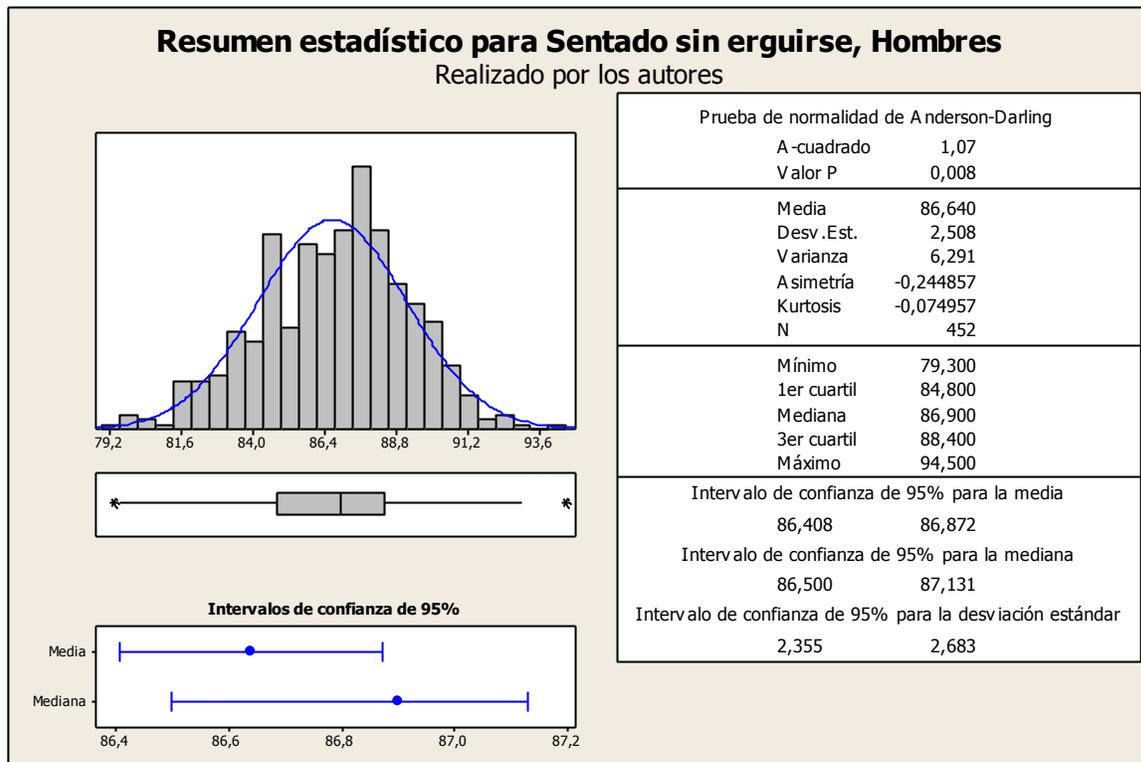


Gráfico 8: Resumen estadístico para la medida: sentado sin erguirse, hombres. Realizado por los autores.

Se puede observar que existen puntos atípicos en ambos extremos de los datos, esto se puede ver en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 8. Además, se puede observar que la media y la mediana son 86,64 y 86,90 respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 2,508. Para concluir acerca de la normalidad de los datos se realiza una prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

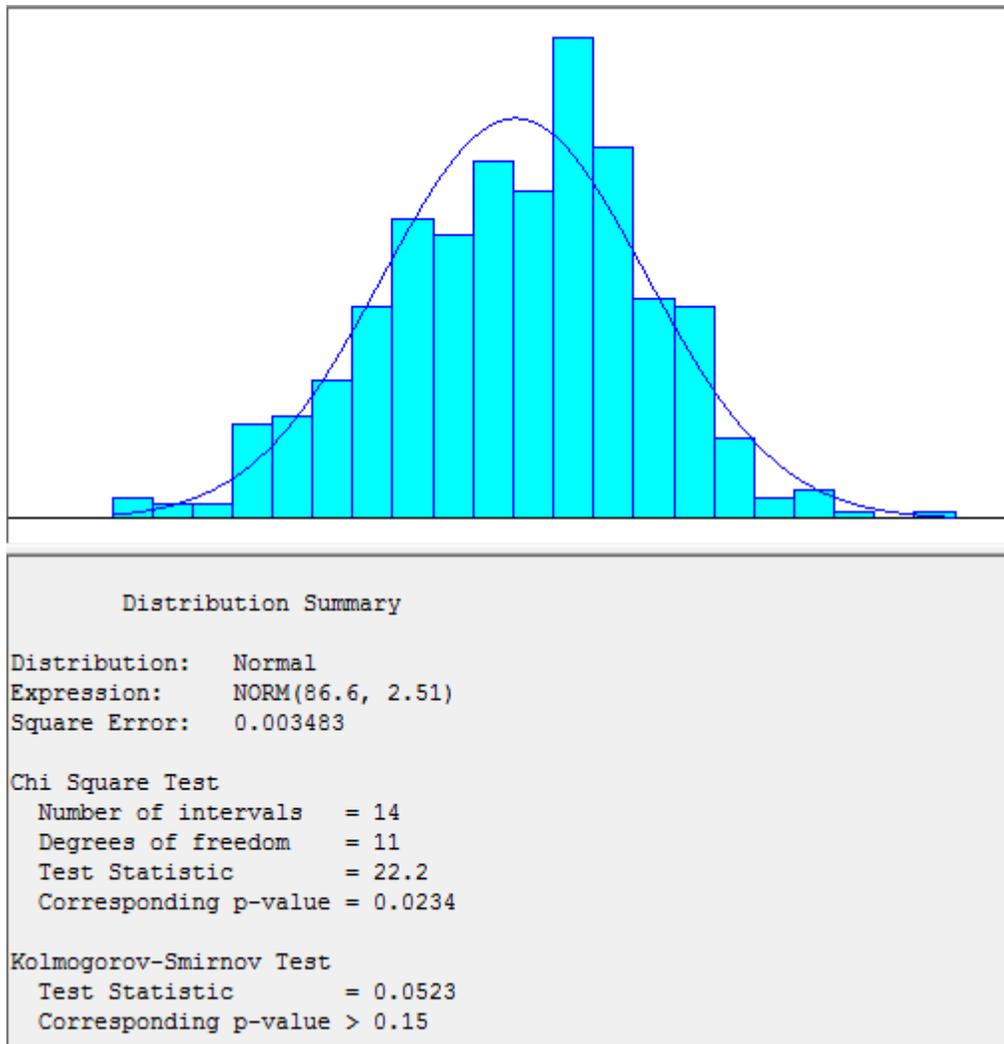
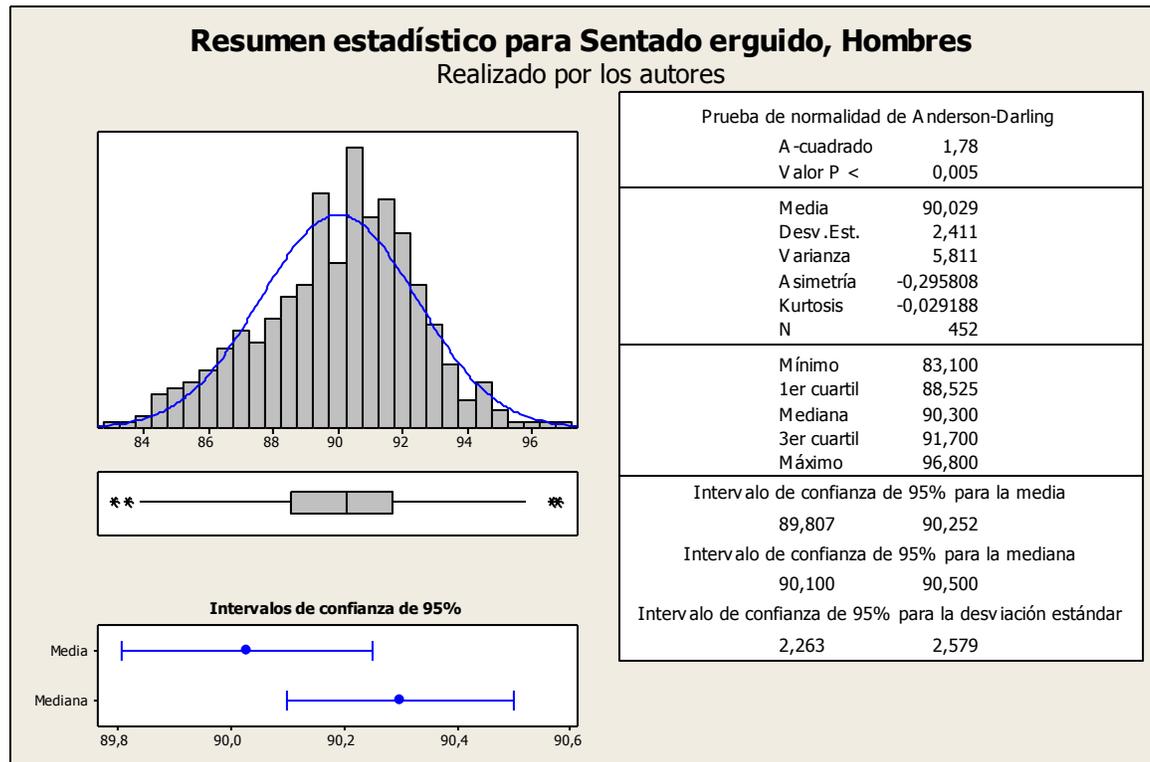


Gráfico 9: Prueba de normalidad KS para la medida: sentado sin erguirse, hombres. Realizado por los autores.

En el Gráfico 9, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p > 0.15$ , muestra que los datos son normales con una confianza del 95% (referirse al CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO, en la sección Valor p) Se puede concluir que los datos de la medida sentado sin erguirse para hombres siguen una distribución normal con media 86.6 y desviación estándar de 2.51.

*Sentado erguido:*



*Gráfico 10: Resumen estadístico para la medida: sentado erguido, hombres. Realizado por los autores.*

Se puede observar que existen puntos atípicos en ambos extremos de los datos, esto se puede ver en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 10. Además, se puede observar que la media y la mediana son 90,029 y 90,3 respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 2,411. Para concluir acerca de la normalidad de los datos se realiza una prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

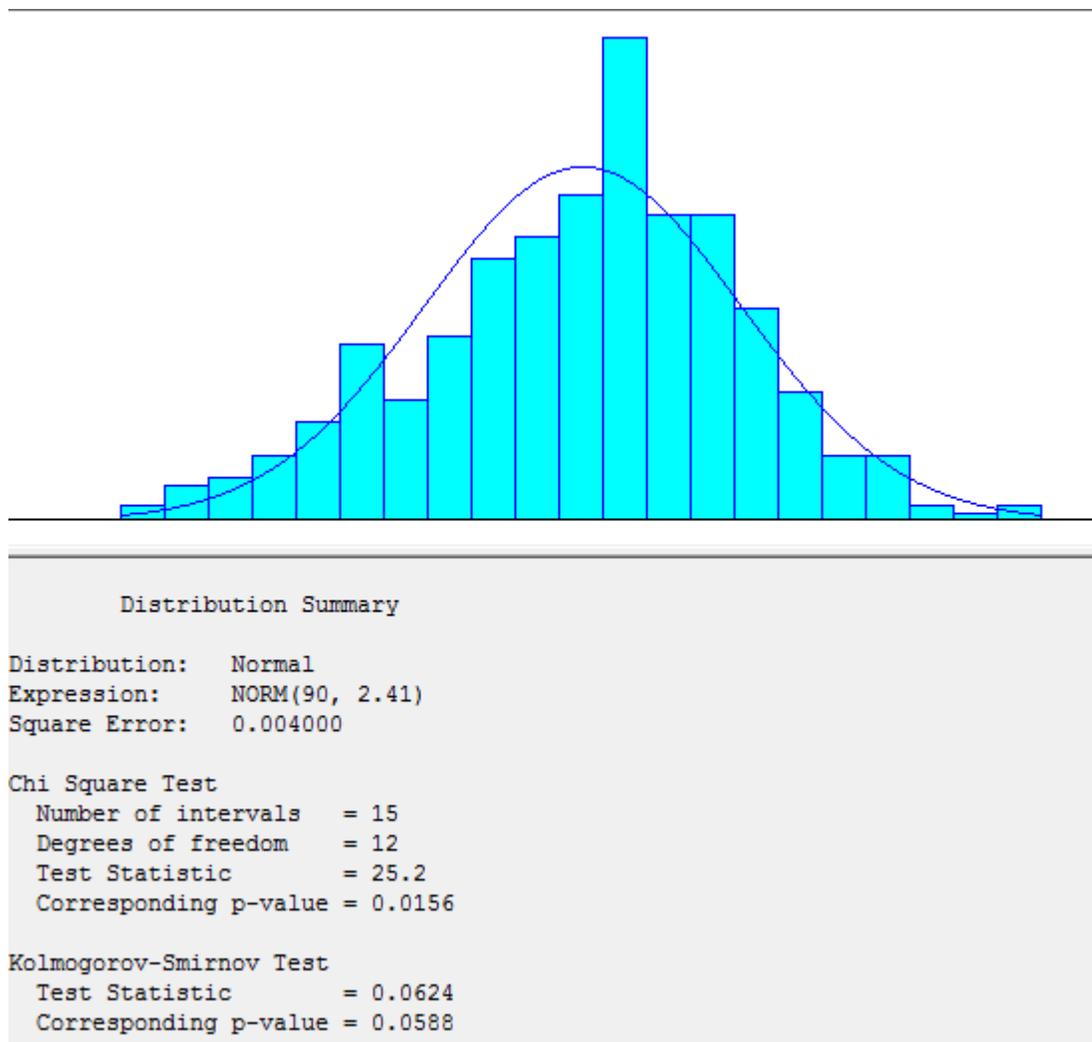
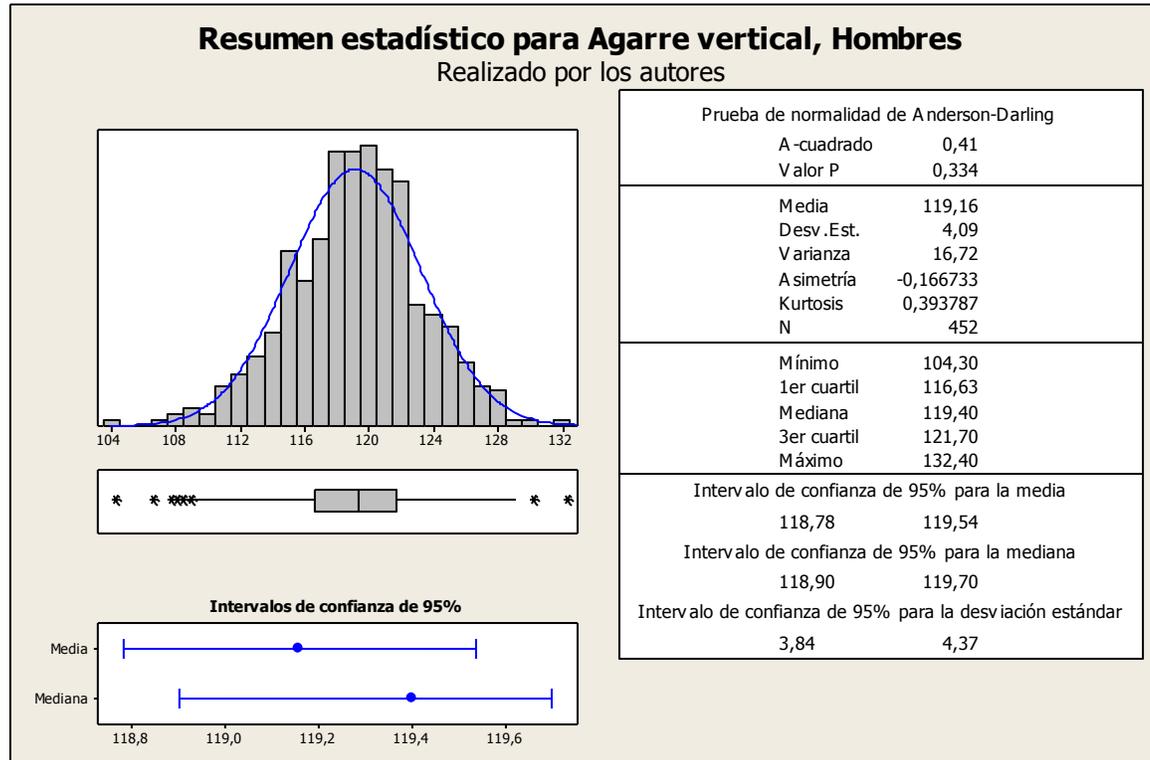


Gráfico 11: Prueba de normalidad KS para la medida: sentado erguido, hombres. Realizado por los autores

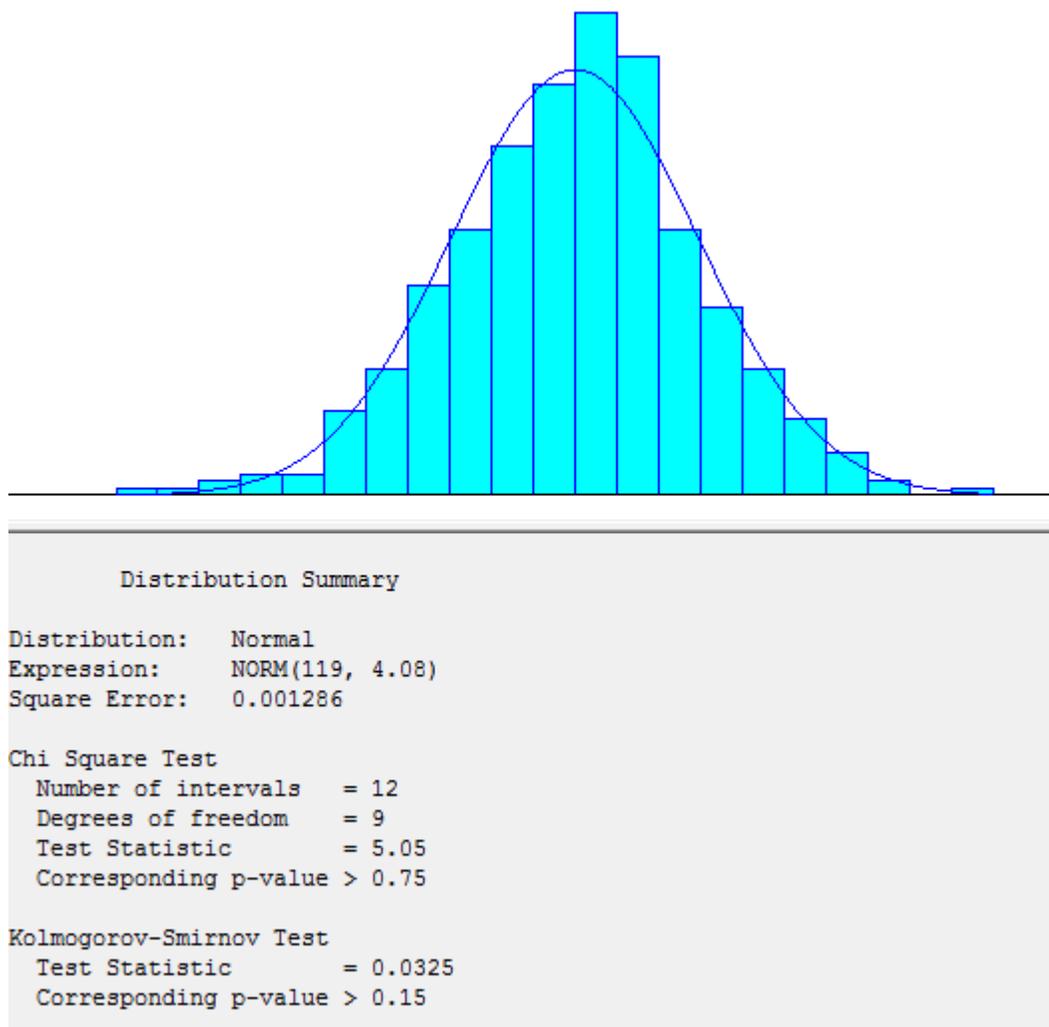
En el Gráfico 11, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p$  es de 0.0588 y por lo tanto muestra que los datos son normales con una confianza del 95%. Se puede concluir que los datos de la medida sentado erguido para hombres siguen una distribución normal con media 90 y desviación estándar de 2.41.

*Agarre vertical sentado:*



*Gráfico 12: Resumen estadístico para la medida: agarre vertical sentado, hombres. Realizado por los autores*

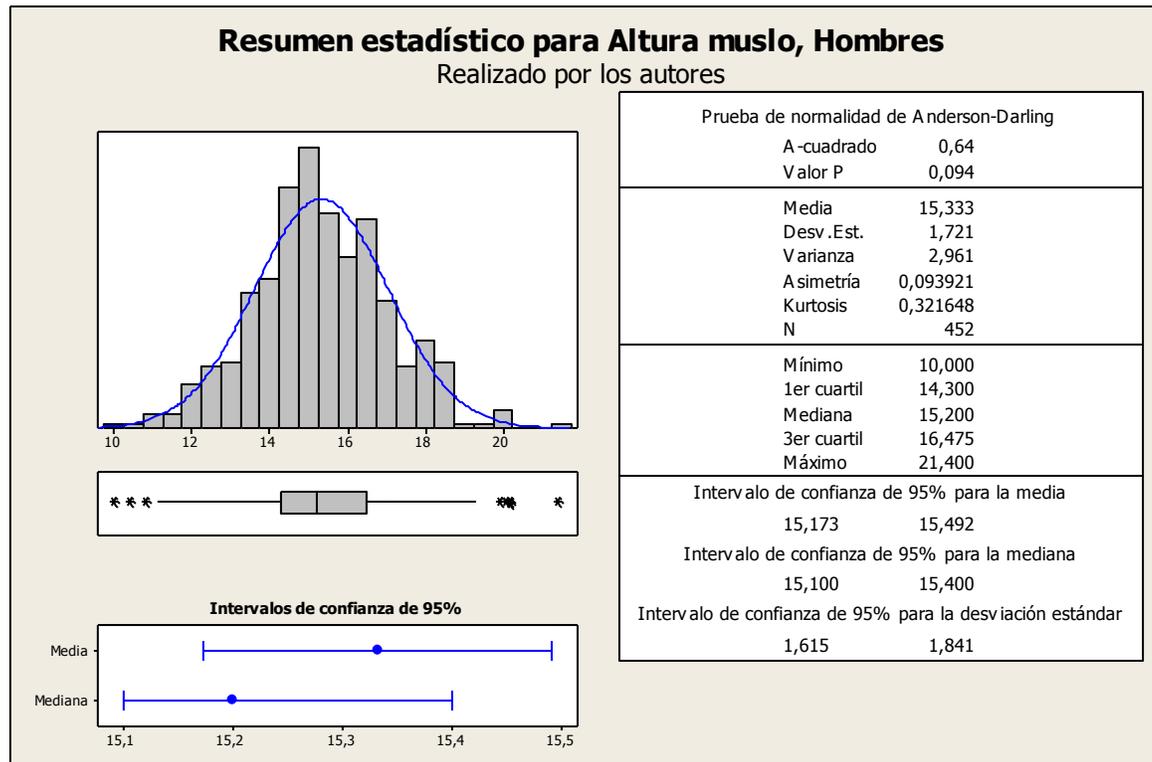
Se puede observar que existen puntos atípicos en ambos extremos de los datos, esto se puede ver en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 12. Además, se puede observar que la media y la mediana son 119,16 y 116,63 respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 4,09. Aun cuando el estadístico de la prueba AD presenta un valor p de 0,334 y se puede concluir que los datos son normales se realiza una prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:



*Gráfico 13: Prueba de normalidad KS para la medida: agarre vertical sentado, hombres. Realizado por los autores*

En el Gráfico 13, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p > 0,15$  muestra que los datos son normales con una confianza del 95%. Se puede concluir que los datos de la medida agarre vertical sentado para hombres siguen una distribución normal con media 119 y desviación estándar de 4,08.

*Altura del muslo:*



*Gráfico 14: Resumen estadístico para la medida: altura muslo, hombres. Realizado por los autores*

Se puede observar que existen puntos atípicos en ambos extremos de los datos, esto se puede ver en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 14. Además, se puede observar que la media y la mediana son 15,33 y 15,2 respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 1,721. Aun cuando el estadístico de la prueba AD presenta un valor p de 0,094 y se puede concluir que los datos son normales se realiza una prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

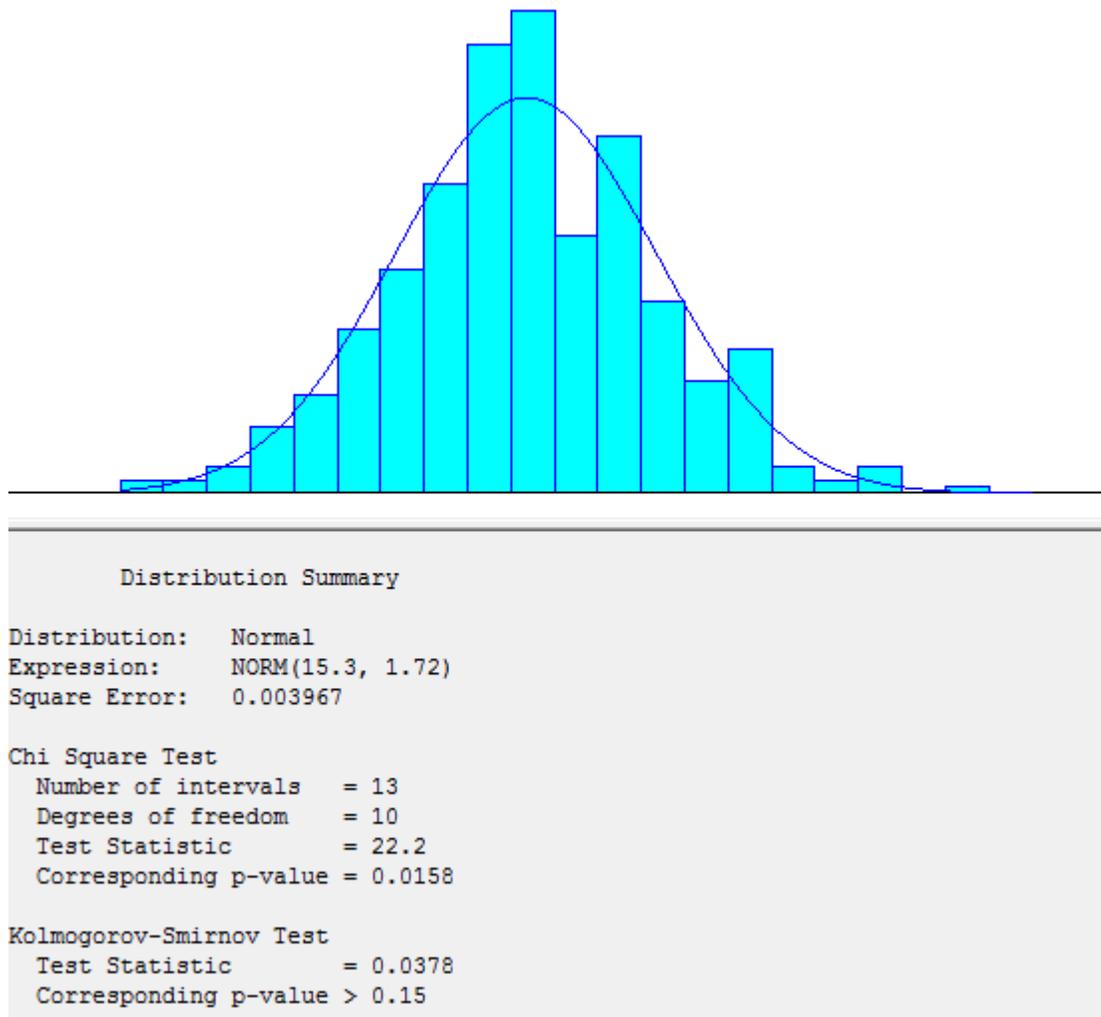


Gráfico 15: Prueba de normalidad KS para la medida: altura muslo, hombres. Realizado por los autores

En el Gráfico 15, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p > 0,15$  muestra que los datos son normales con una confianza del 95%. Se puede concluir que los datos de la medida altura del muslo para hombres siguen una distribución normal con media 15.3 y desviación estándar de 1.72.

*Altura de la rodilla*

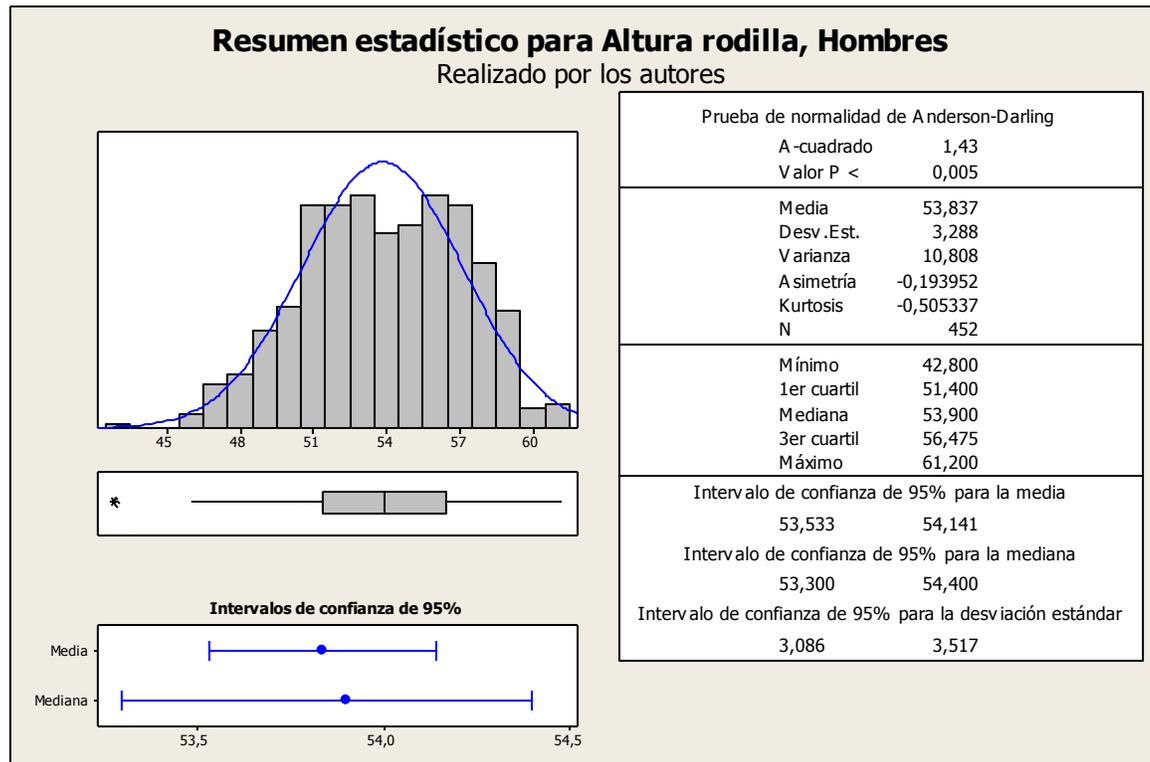
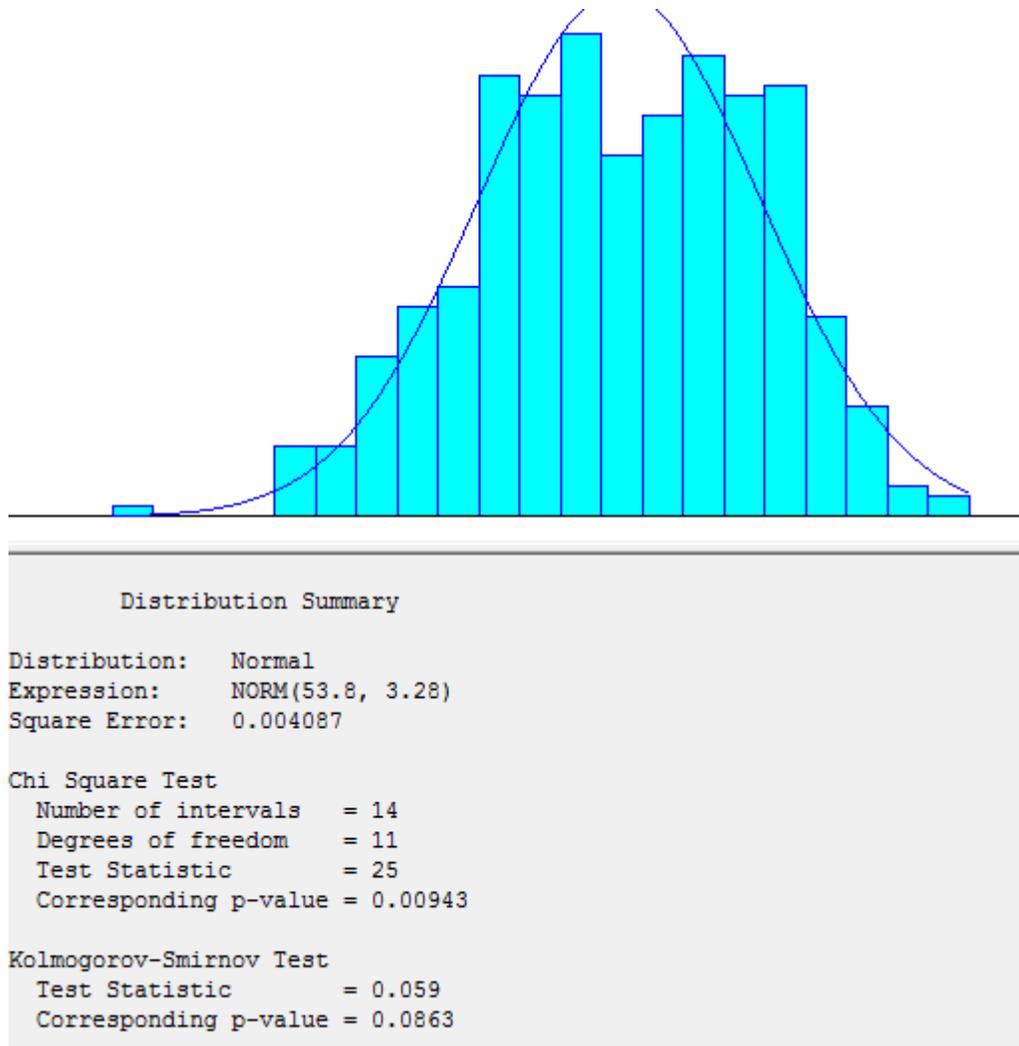


Gráfico 16: Resumen estadístico para la medida: Altura rodilla, Hombres. Realizado por los autores

Se puede observar que existen puntos atípicos en el extremo izquierdo de los datos, esto puede verse en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 16. Además, se puede observar que la media y la mediana son 53,837 y 53,9, respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 3,288. Para concluir acerca de la normalidad de los datos se realiza una prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:



*Gráfico 17: Análisis de normalidad KS para la medida: altura rodilla, hombres. Realizado por los autores*

En el Gráfico 17, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p$  es de 0,0863 lo que demuestra que los datos son normales con una confianza del 95%. Se puede concluir que los datos de la medida altura rodilla para hombres siguen una distribución normal con media 53,8 y desviación estándar de 3,28.

## Altura poplíteo

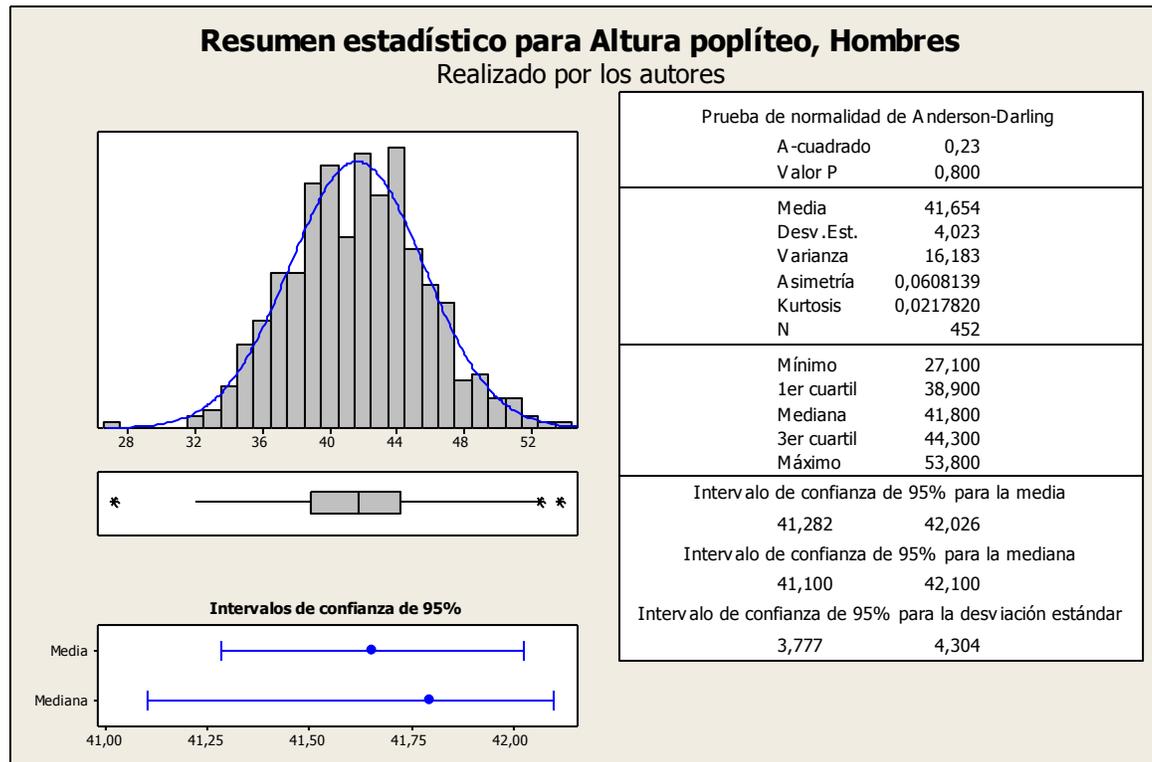


Gráfico 18: Resumen estadístico para la medida: altura poplíteo, hombres. Realizado por los autores

Se puede observar que existen puntos atípicos en ambos extremos de los datos, esto puede verse en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 18. Además, se puede observar que la media y la mediana son 41,654 y 41,8, respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 4,023. Aun cuando el valor p de la prueba AD es 0,8 y los datos distribuyen normal se realiza una prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

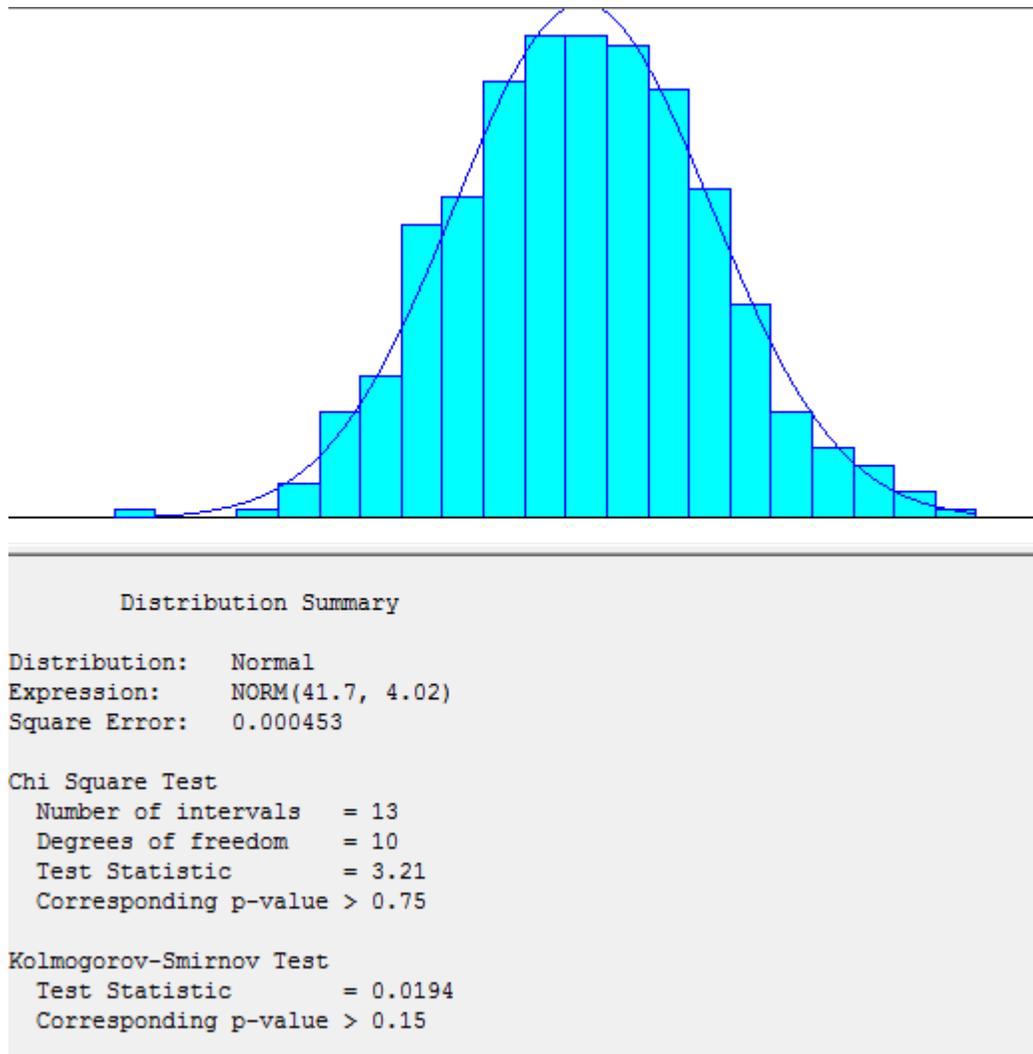


Gráfico 19: Prueba de normalidad KS para la medida: altura poplíteo, hombres. Realizado por los autores

En el Gráfico 19, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p$  es mayor a 0,15 lo que demuestra que los datos son normales con una confianza del 95%. Se puede concluir que los datos de la medida altura poplíteo para hombres siguen una distribución normal con media 41,7 y desviación estándar de 4,02.

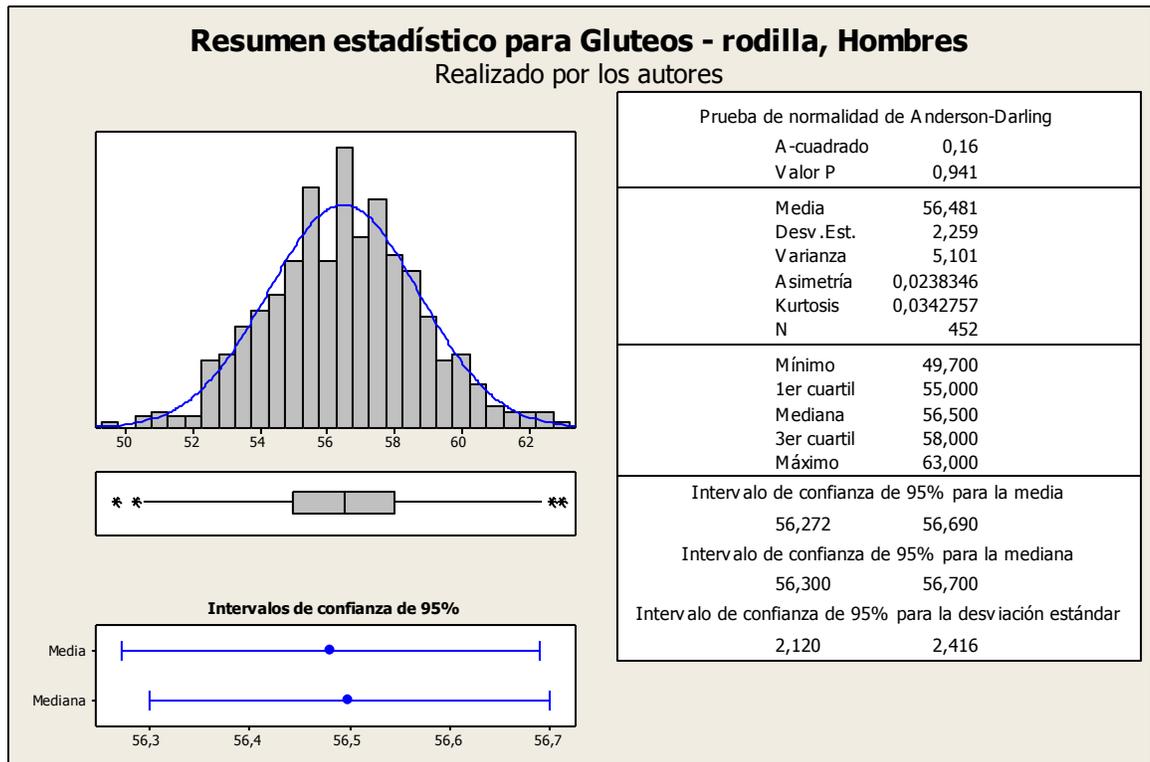
*Glúteos- rodilla:*

Gráfico 20: Resumen estadístico para la medida: glúteos- rodilla, hombres. Realizado por los autores

Se puede observar que existen puntos atípicos en ambos extremos de los datos, esto puede verse en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 20. Además, se puede observar que la media y la mediana son 56,481 y 56,5, respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 2,259. Aun cuando el valor p de la prueba AD es 0,941 y los datos distribuyen normal se realiza se realiza una prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

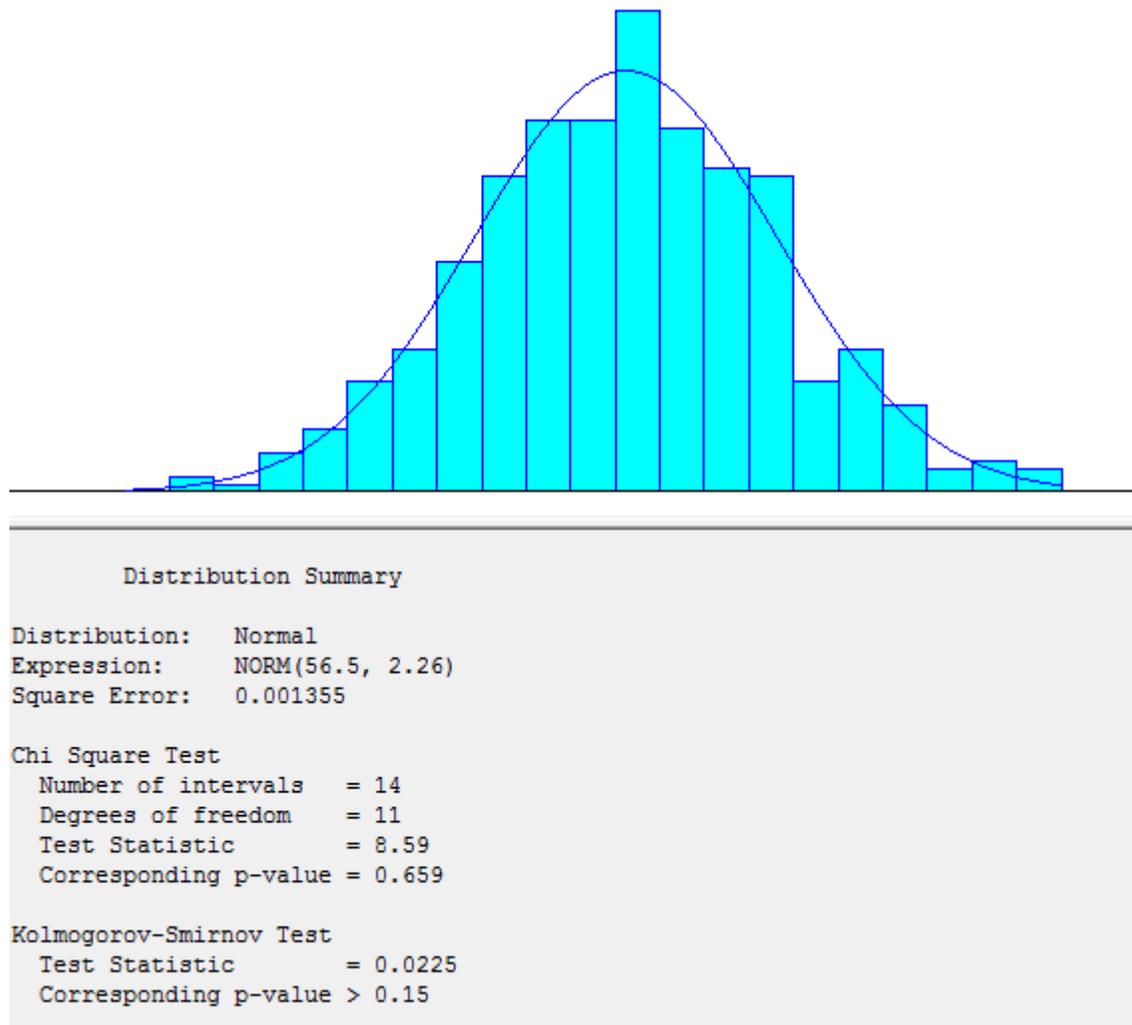


Gráfico 21: Prueba de normalidad para la medida: glúteos- rodilla, hombres. Realizado por los autores

En el Gráfico 21, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor p es mayor a 0,15 lo que demuestra que los datos son normales con una confianza del 95%. Se puede concluir que los datos de la medida glúteos- rodilla para hombres siguen una distribución normal con media 56,5 y desviación estándar de 2,26.

*Glúteos- poplíteo:*

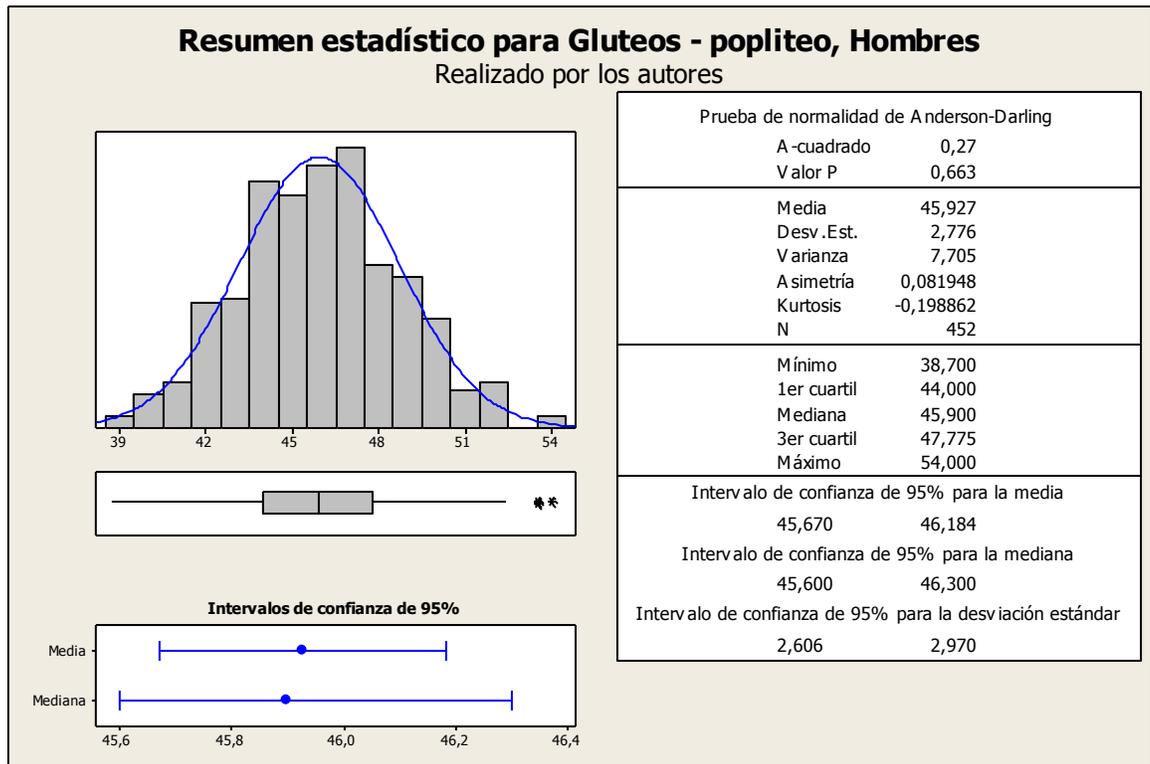


Gráfico 22: Resumen estadístico para la medida: glúteos- poplíteo, hombres. Realizado por los autores

Se puede observar que existen puntos atípicos en el extremo derecho de los datos, esto puede verse en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 22. Además, se puede observar que la media y la mediana son 45,927 y 45,9, respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 2,776. Aun cuando el valor p de la prueba AD es 0,6631 y los datos distribuyen normal se realiza se realiza una prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

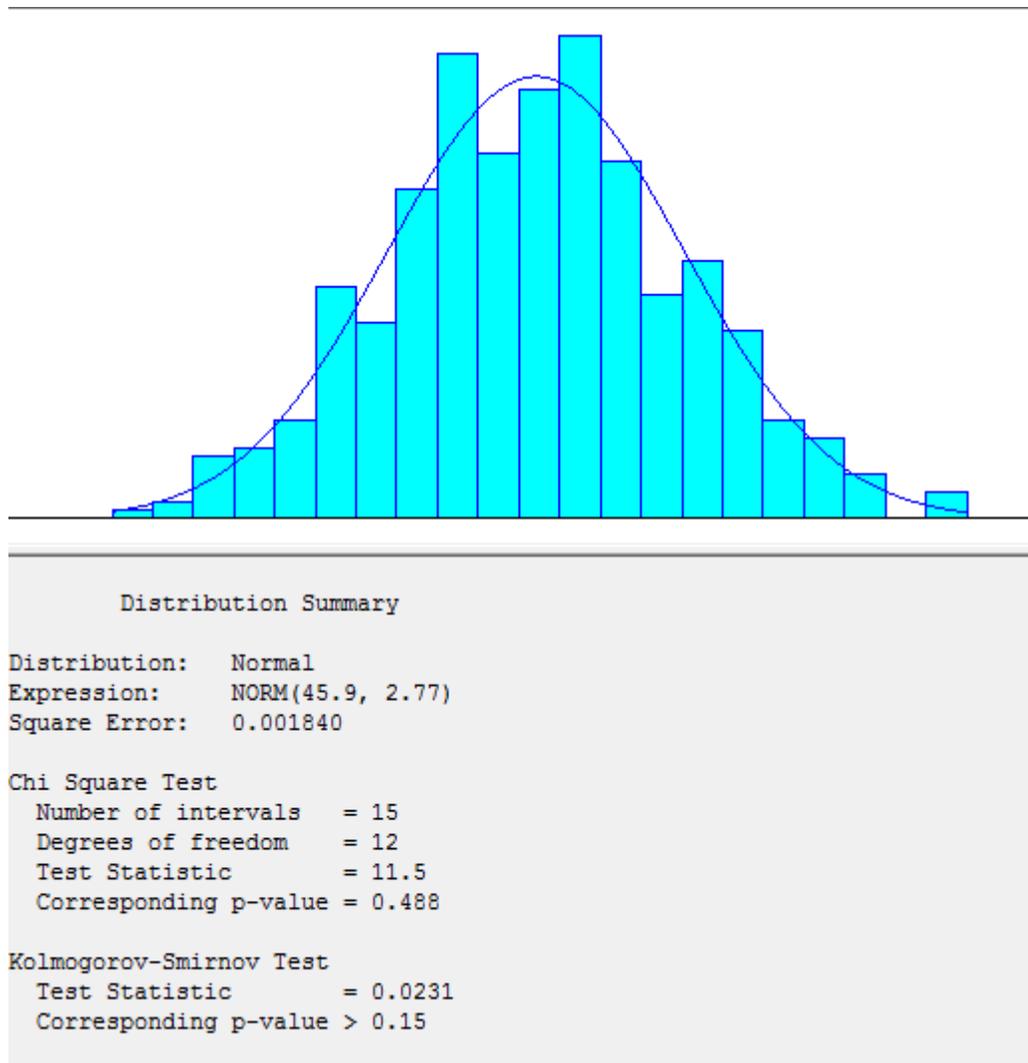


Gráfico 23: Prueba de normalidad KS para la medida: glúteos- poplíteo, hombres. Realizado por los autores

En el Gráfico 23 se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p$  es mayor a 0,15 lo que demuestra que los datos son normales con una confianza del 95%. Se puede concluir que los datos de la medida glúteos- poplíteo para hombres siguen una distribución normal con media 45,9 y desviación estándar de 2,77.

Ancho caderas:

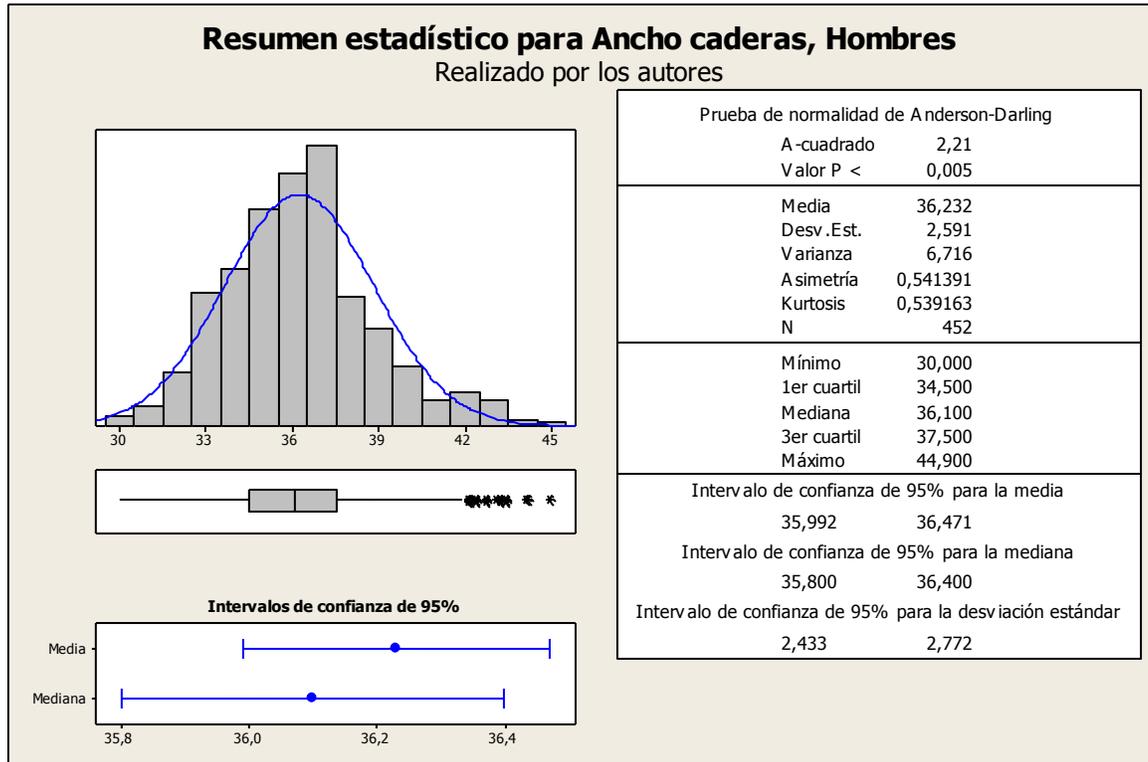
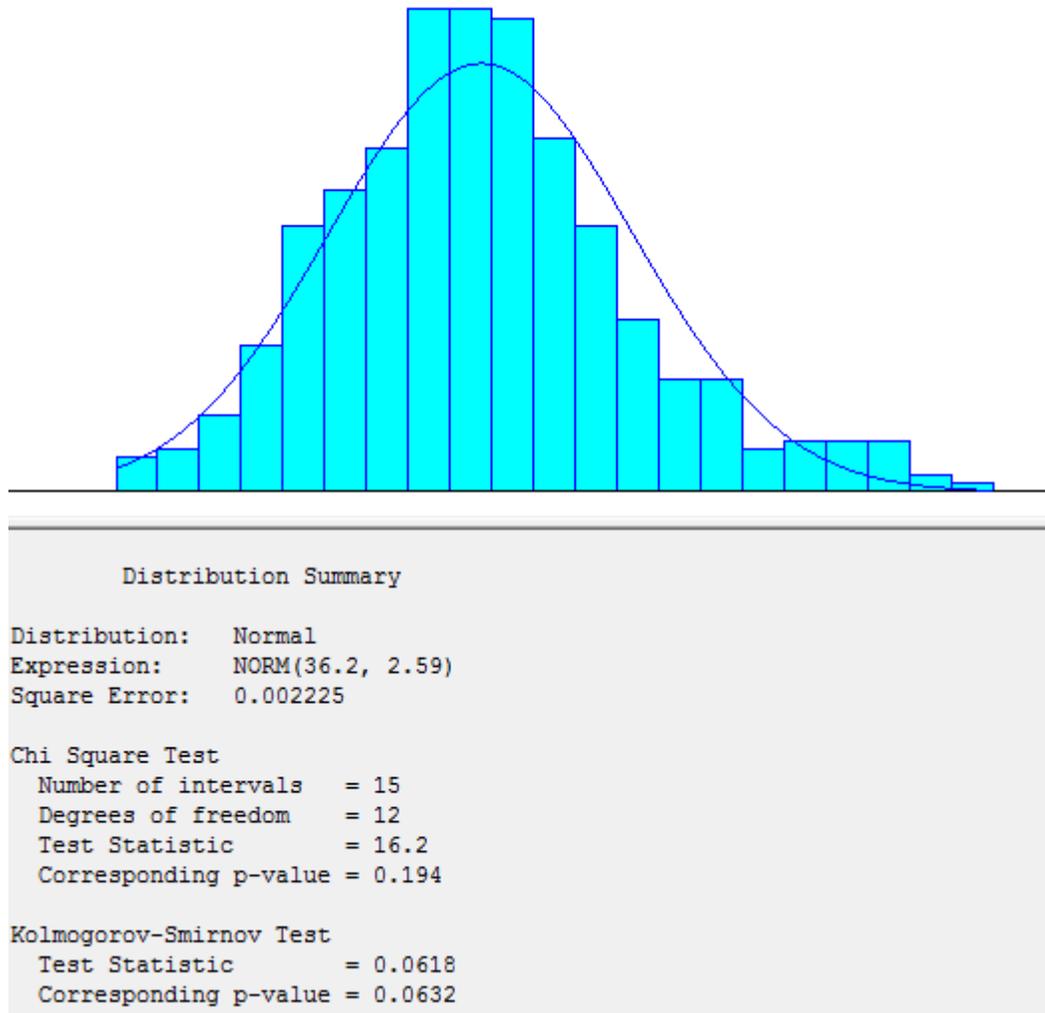


Gráfico 24: Resumen estadístico para la medida: ancho caderas, hombres. Realizado por los autores

Se puede observar que existen puntos atípicos en el extremo derecho de los datos, esto puede verse en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 24. Además, se puede observar que la media y la mediana son 36,232 y 36,1, respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 2,591. Para concluir acerca de la normalidad de los datos se realiza la prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:



*Gráfico 25: Prueba de normalidad KS para la medida: ancho caderas, hombres. Realizado por los autores*

En el Gráfico 25, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p$  es 0,0632 lo que demuestra que los datos son normales con una confianza del 95%. Se puede concluir que los datos de la medida ancho caderas para hombres siguen una distribución normal con media 36,2 y desviación estándar de 2,59.

*Distancia codo a codo:*

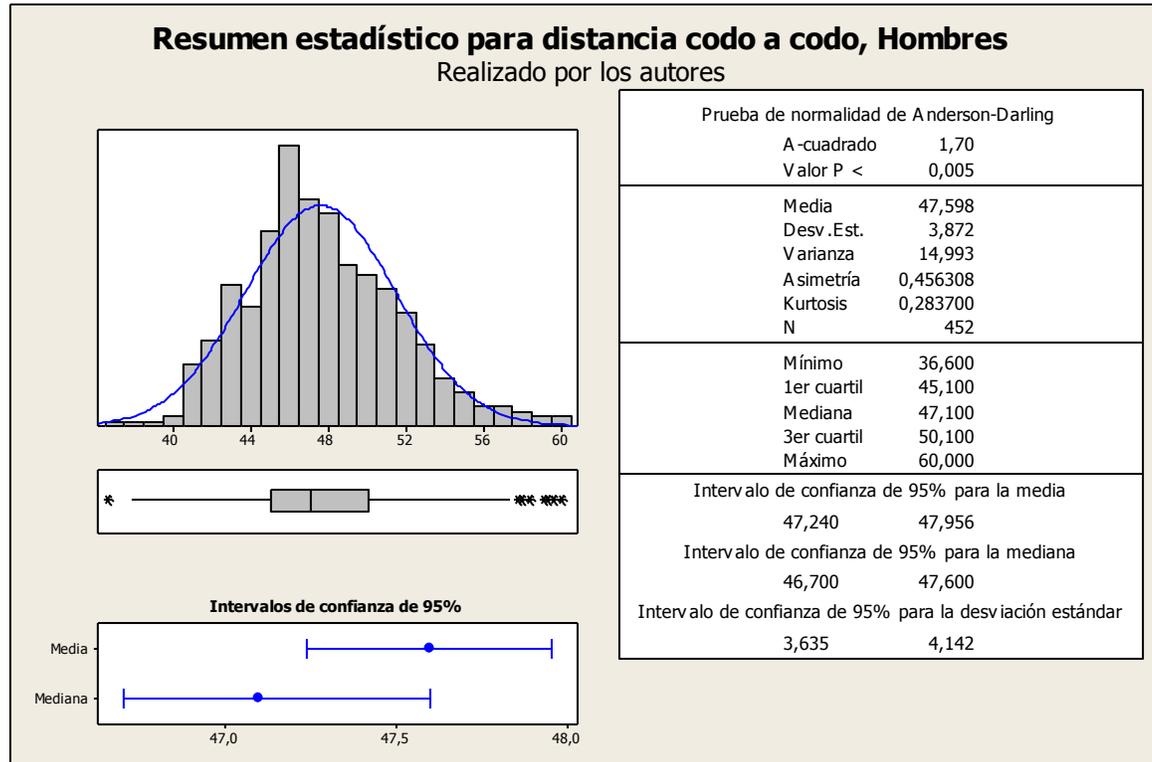


Gráfico 26: Resumen estadístico para la medida: distancia codo a codo, hombres. Realizado por los autores

Se puede observar que existen puntos atípicos en los extremos de los datos, esto puede verse en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 26. Además, se puede observar que la media y la mediana son 47,598 y 47,1, respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 3,872. Para concluir acerca de la normalidad de los datos se realiza la prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

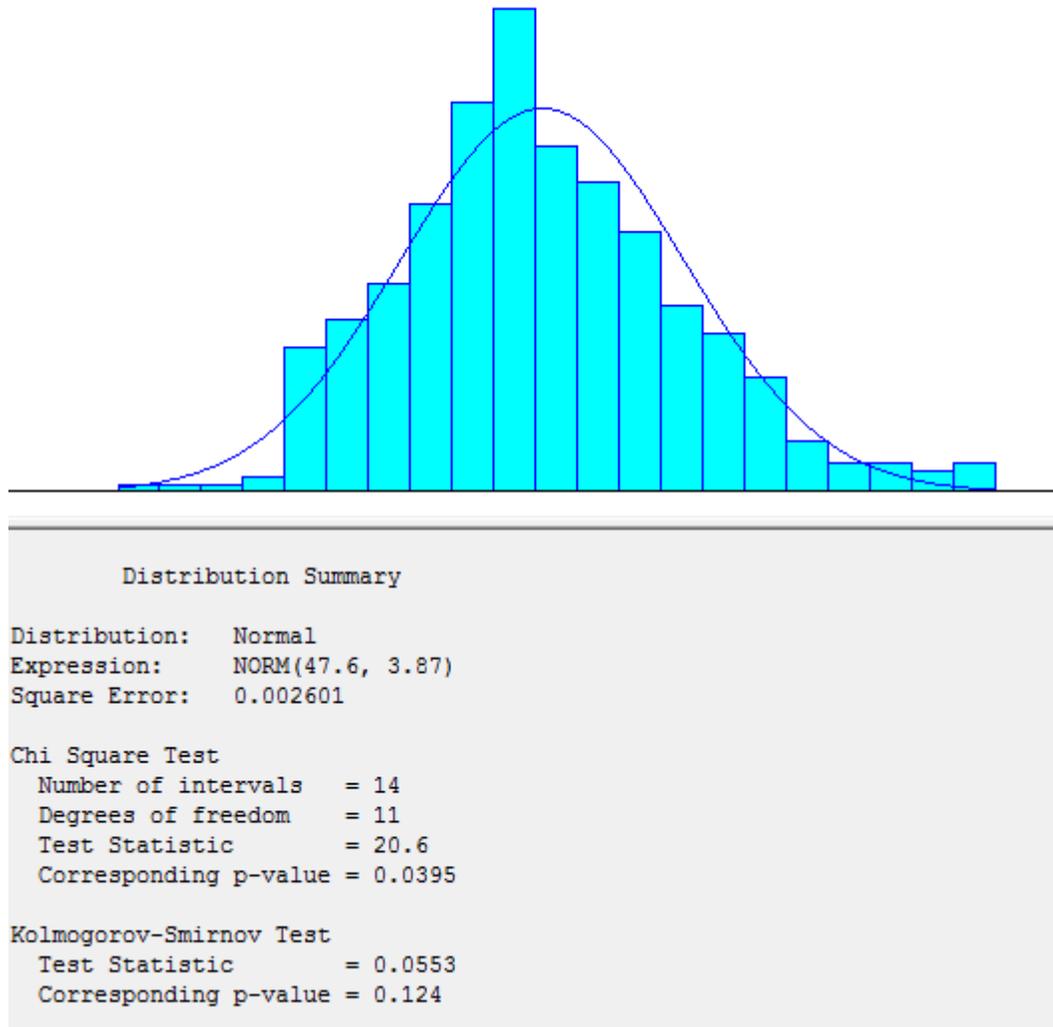
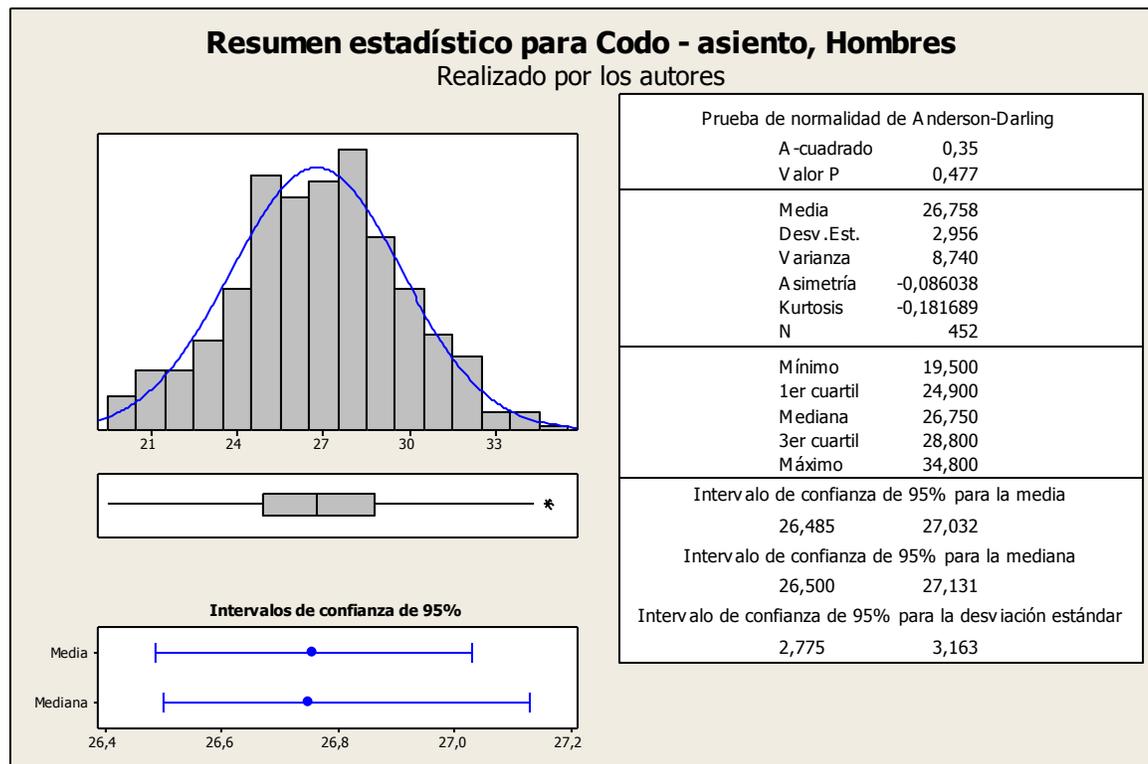


Gráfico 27: Prueba de normalidad KS para la medida: distancia codo a codo, hombres. Realizado por los autores

En el Gráfico 27, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p$  es 0,124 lo que demuestra que los datos son normales con una confianza del 95%. Se puede concluir que los datos de la medida distancia codo a codo para hombres siguen una distribución normal con media 47,6 y desviación estándar de 3,87.

*Distancia codo- asiento:*



*Gráfico 28: Resumen estadístico para la medida: distancia codo- asiento, hombres. Realizado por los autores*

Se puede observar que existen puntos atípicos en el extremo derecho de los datos, esto puede verse en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 28. Además, se puede observar que la media y la mediana son 26,758 y 26,75, respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 2,956. Aun cuando el valor p de la prueba AD es 0,477 y los datos son normales se realiza la prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

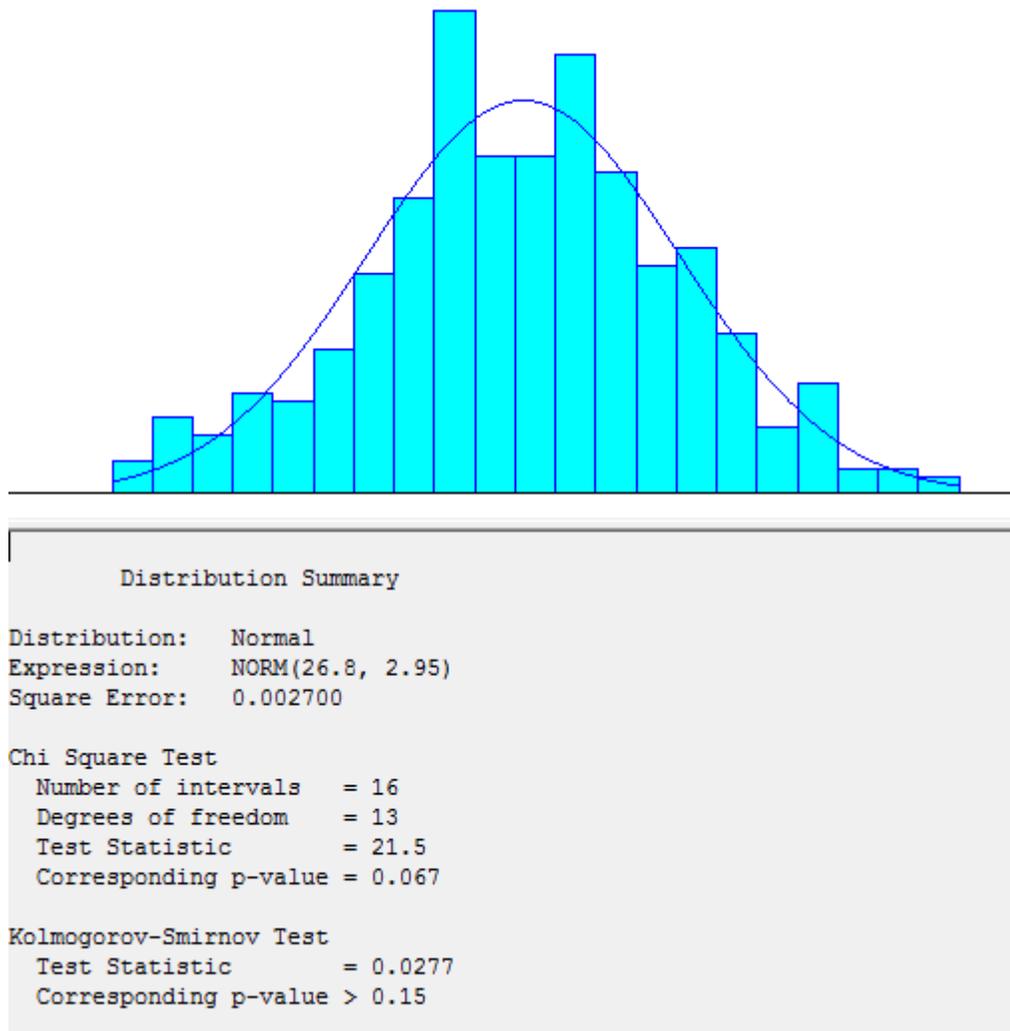


Gráfico 29: Prueba de normalidad KS para la medida: distancia codo- asiento, hombres. Realizado por los autores

En el Gráfico 29, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p$  es mayor a 0,15 lo que demuestra que los datos son normales con una confianza del 95%. Se puede concluir que los datos de la medida distancia codo- asiento para hombres siguen una distribución normal con media 26,8 y desviación estándar de 2,95.

## Estatura

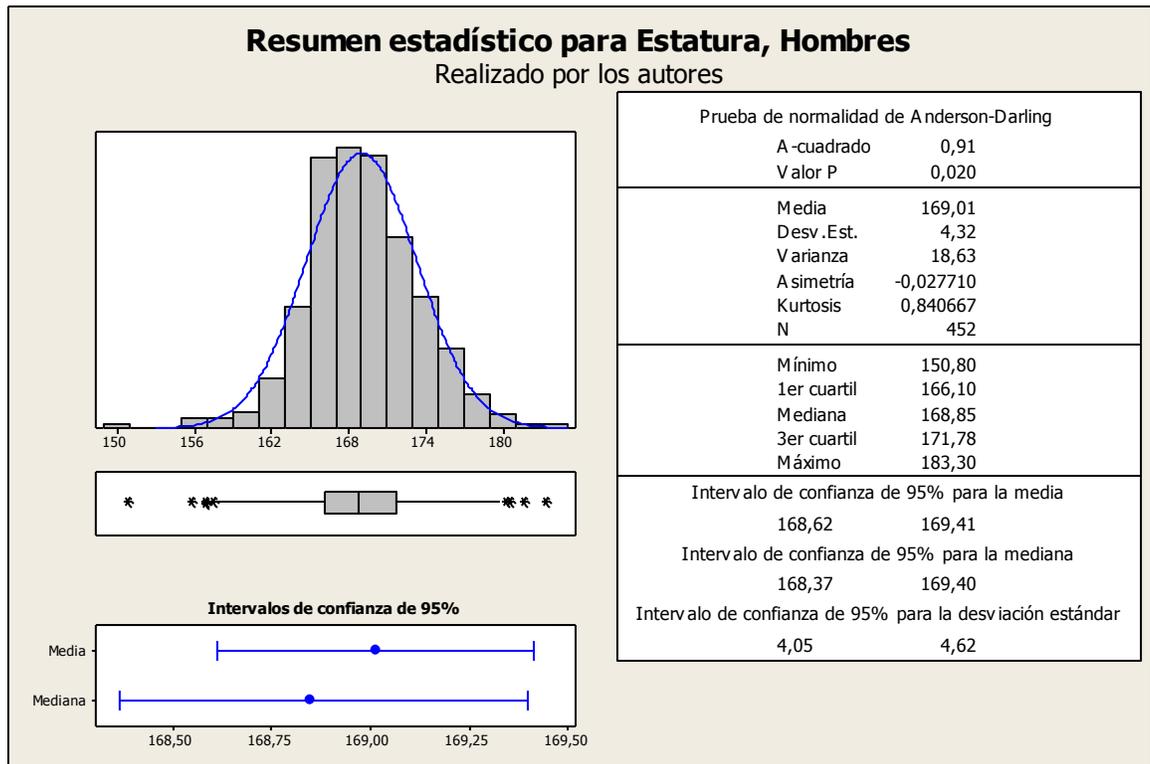


Gráfico 30: Resumen estadístico para la medida: estatura, hombres. Realizado por los autores

Se puede observar que existen puntos atípicos en los extremos de los datos, esto puede verse en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 30. Además, se puede observar que la media y la mediana son 169,01 y 166,10, respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 4,32. Para probar la normalidad de los datos se realiza la prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

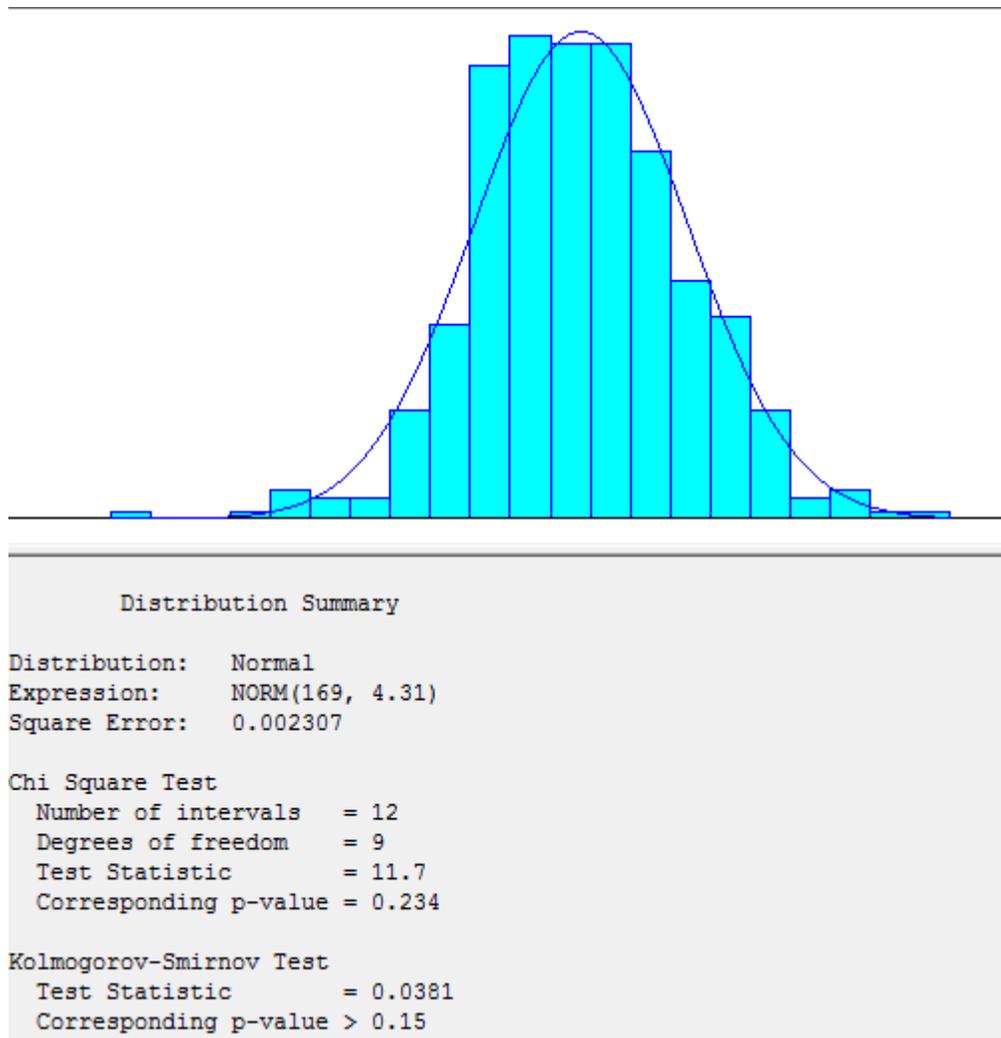


Gráfico 31: Prueba de normalidad KS para la medida: estatura, hombres. Realizado por los autores

En el Gráfico 31, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p$  es mayor a 0,15 lo que demuestra que los datos son normales con una confianza del 95%. Se puede concluir que los datos de la medida estatura para hombres siguen una distribución normal con media 169 y desviación estándar de 4,31.

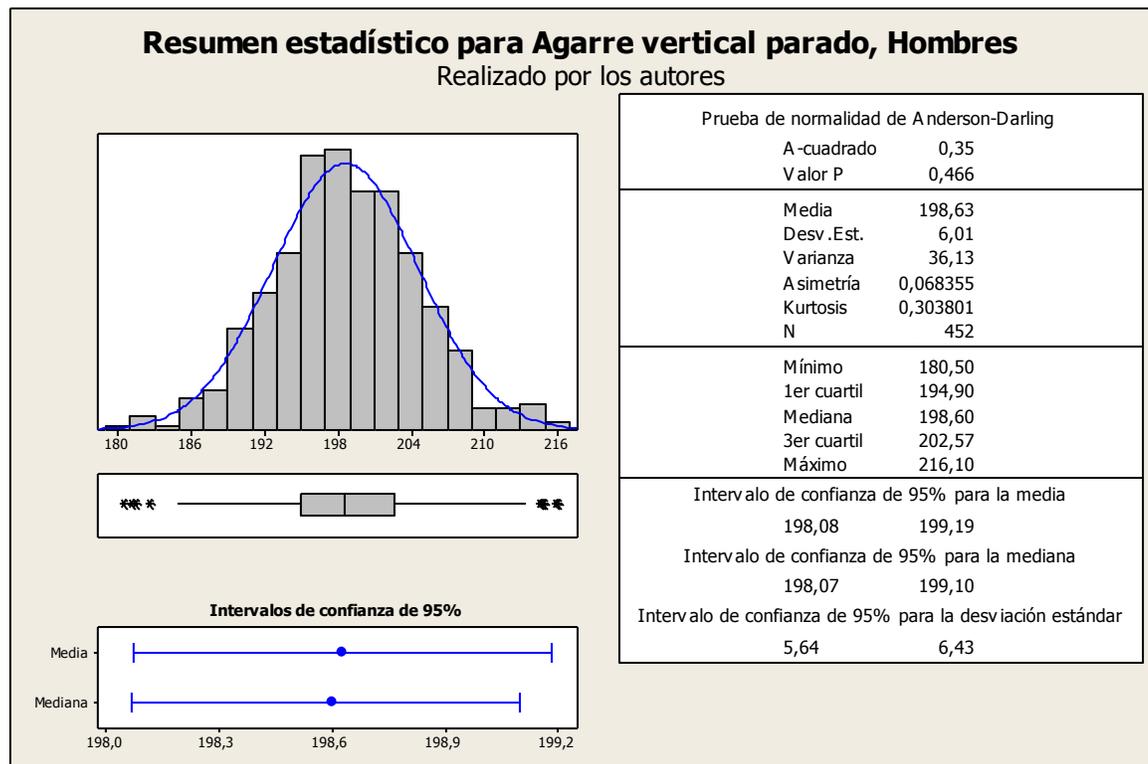
*Agarre vertical*

Gráfico 32: Resumen estadístico para la medida: agarre vertical parado, hombres. Realizado por los autores

Se puede observar que existen puntos atípicos en los extremos de los datos, esto puede verse en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 32. Además, se puede observar que la media y la mediana son 198,63 y 198,6, respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 6,01. Aun cuando la prueba de normalidad AD presenta un valor p de 0,466 y los datos son normales se realiza la prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

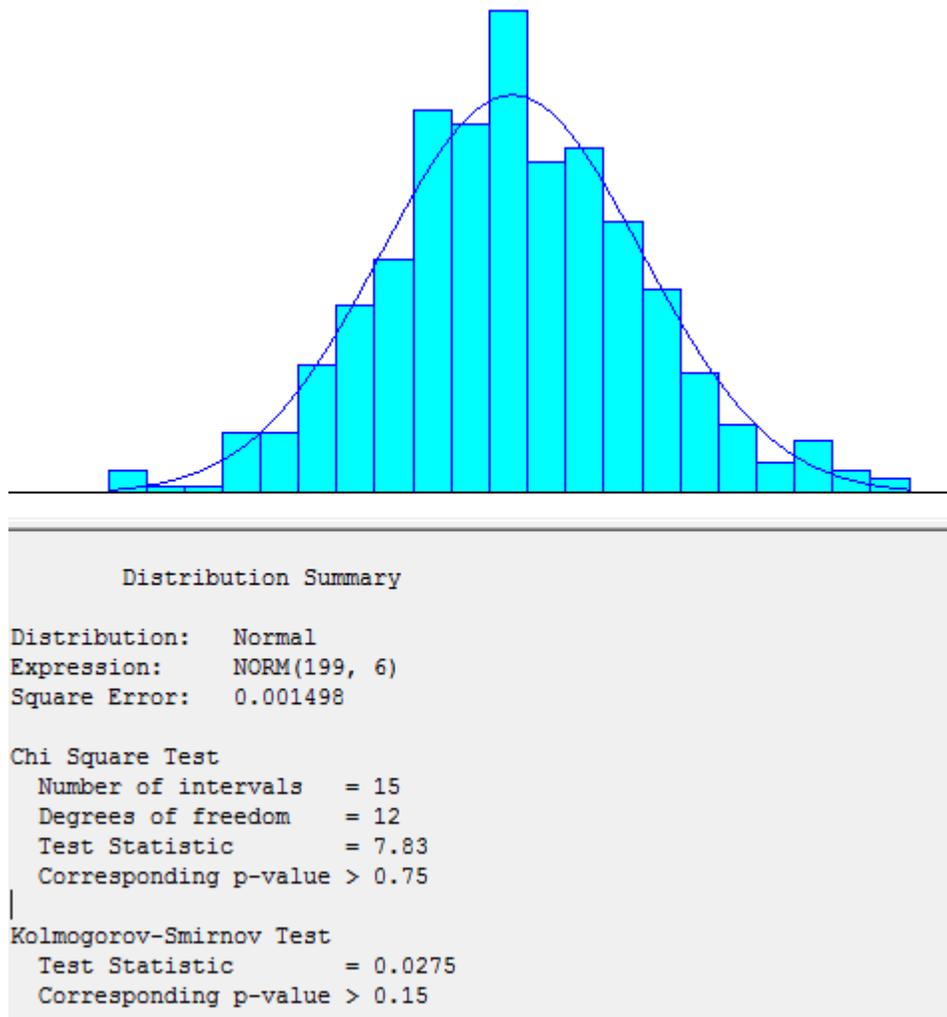


Gráfico 33: Prueba de normalidad para la medida: agarre vertical parado, hombres. Realizado por los autores

En el Gráfico 33, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p$  es mayor a 0,15 lo que demuestra que los datos son normales con una confianza del 95%. Se puede concluir que los datos de la medida agarre vertical parado para hombres siguen una distribución normal con media 199 y desviación estándar de 6.

### Agarre horizontal

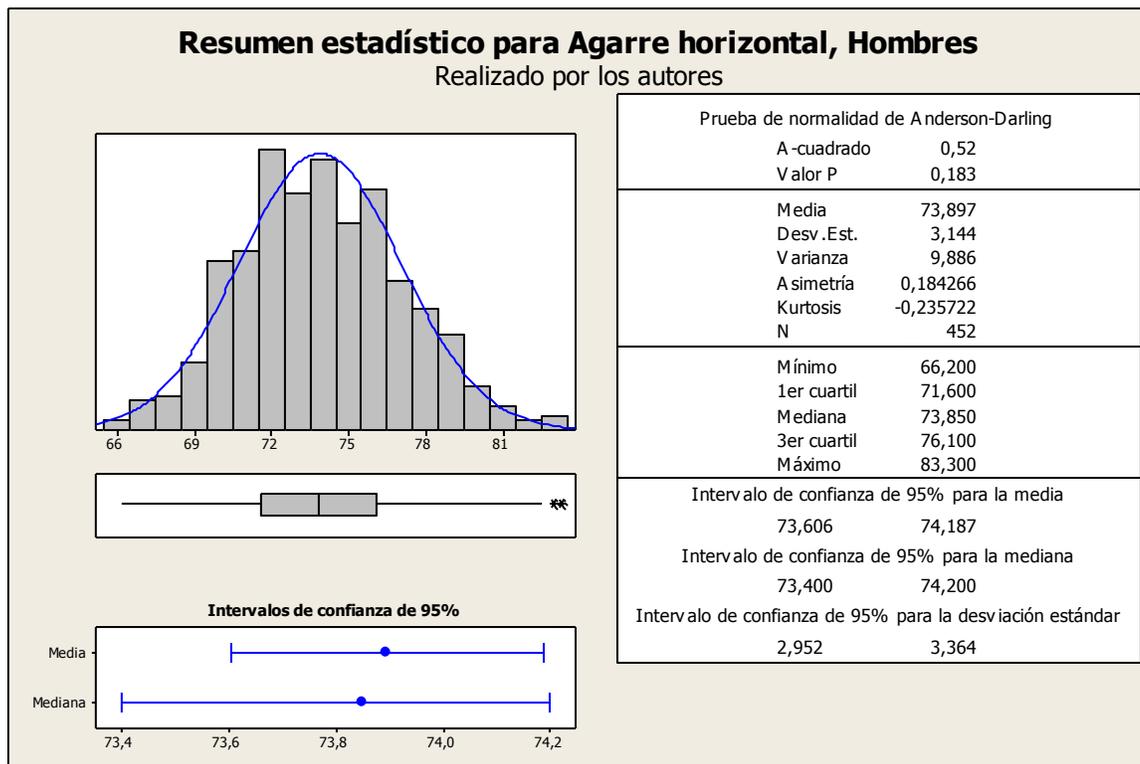


Gráfico 34: Resumen estadístico para la medida: agarre horizontal, hombres. Realizado por los autores

Se puede observar que existen puntos atípicos en el extremo derecho de los datos, esto puede verse en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 32. Además, se puede observar que la media y la mediana son 73,897 y 73,850, respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 3,144. Aun cuando la prueba de normalidad AD presenta un valor p de 0,183 y los datos son normales se realiza la prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

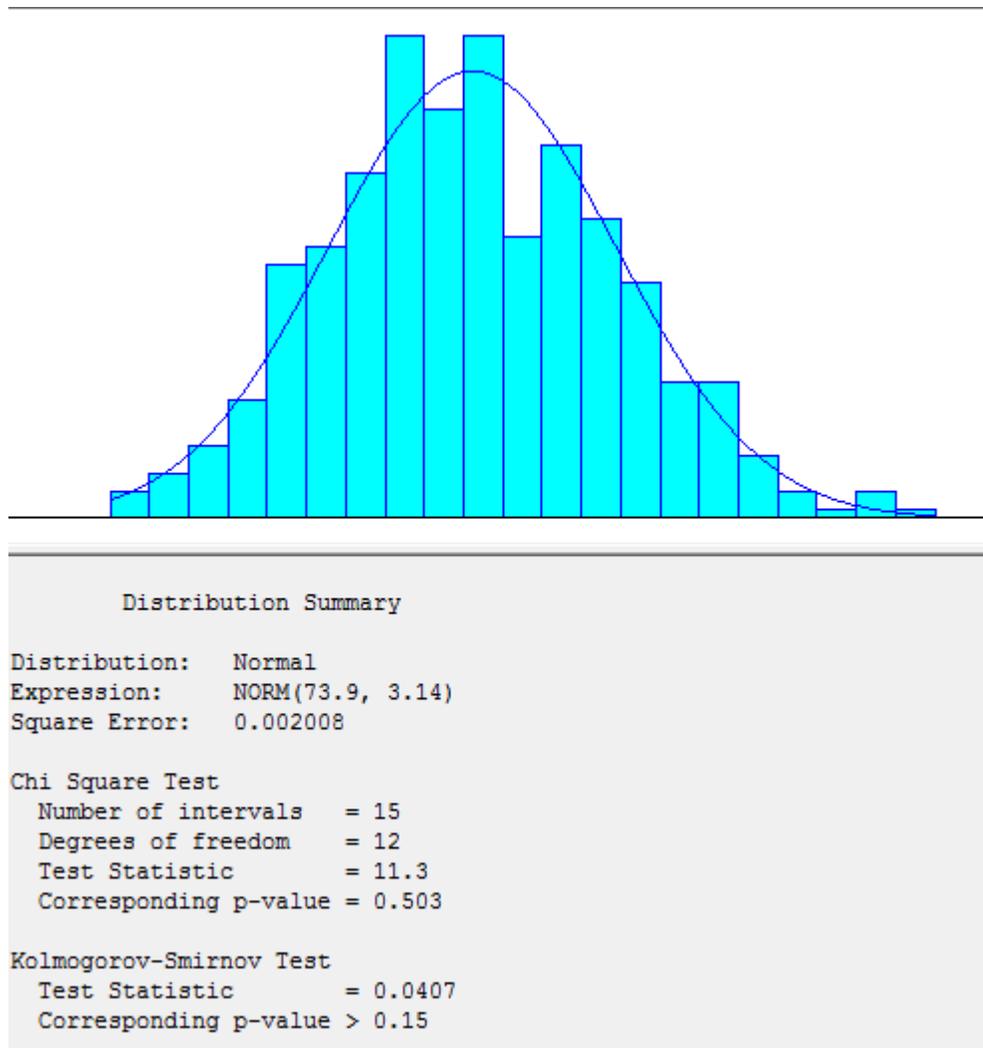


Gráfico 35: Prueba de normalidad KS para la medida: agarre horizontal, hombres. Realizado por los autores

En el Gráfico 35, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor p es mayor a 0,15 lo que demuestra que los datos son normales con una confianza del 95%. Se puede concluir que los datos de la medida agarre horizontal parado para hombres siguen una distribución normal con media 73,9 y desviación estándar de 3,14.

### Anexo 3

A continuación se presenta el análisis estadístico para cada una de las catorce medidas para los hombres con el respectivo análisis de normalidad de los datos:

#### *Sentado sin erguirse*

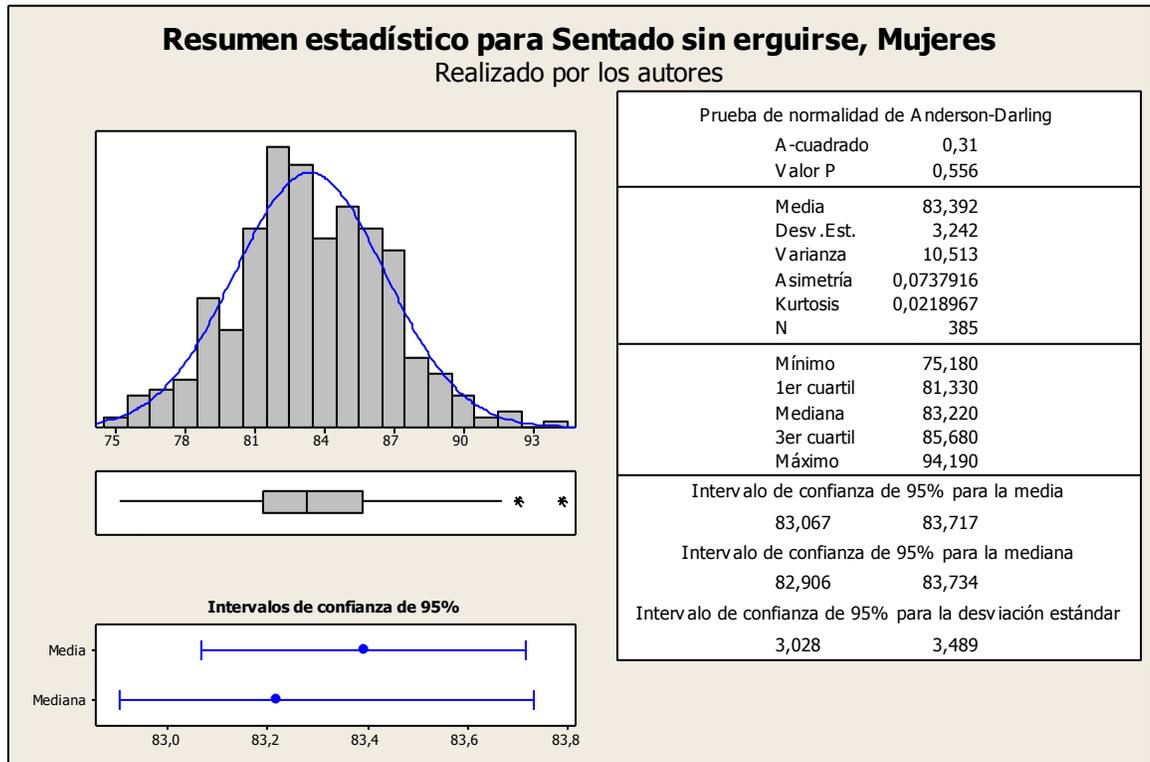


Gráfico 36: Resumen estadístico para la medida: sentado sin erguirse, mujeres. Realizado por los autores.

Se puede observar que existen puntos atípicos en el extremo izquierdo de los datos, esto puede verse en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 36. Además, se puede observar que la media y la mediana son 83,392 y 83,22 respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 3,242. Aun cuando el valor p de la prueba de normalidad AD es de 0,556 y los datos son normales se realiza una prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

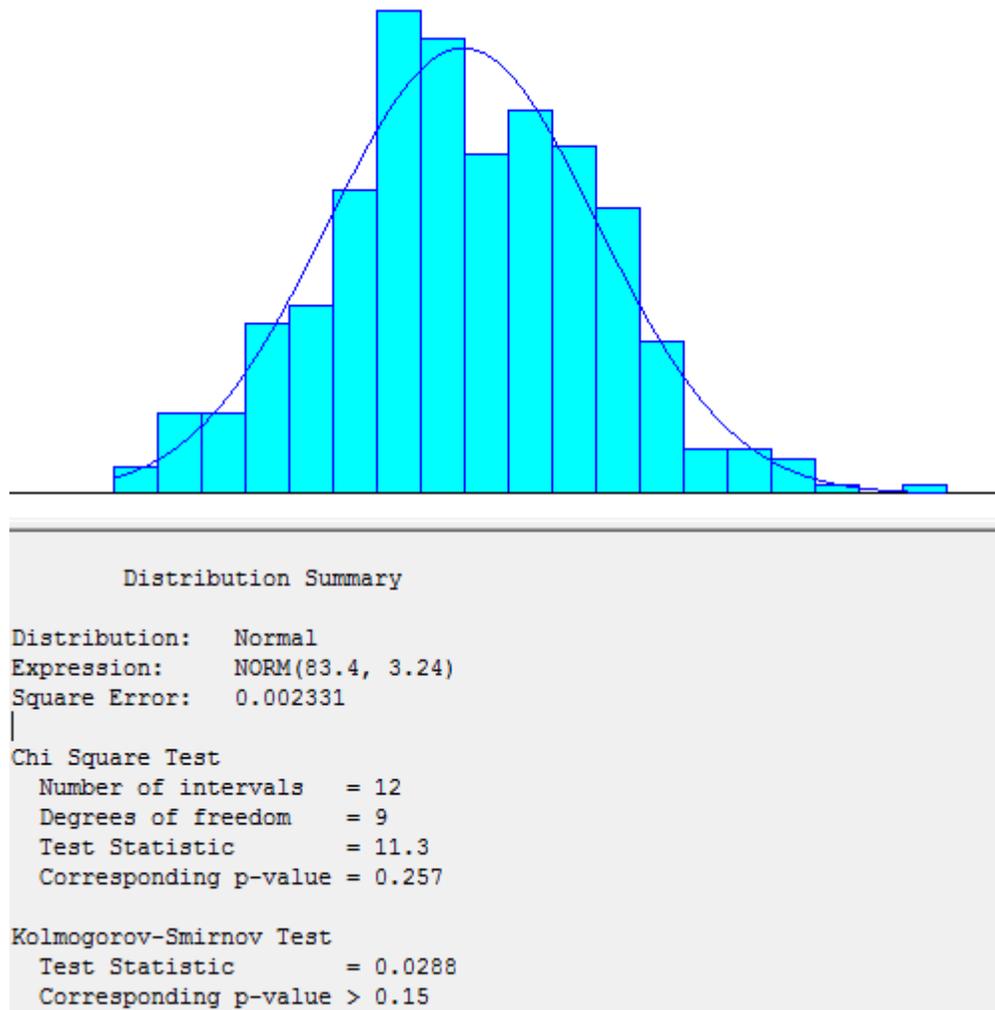


Gráfico 37: Prueba de normalidad KS para la medida: sentado sin erguirse, mujeres. Realizado por los autores.

En el Gráfico 37 se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p > 0,15$  muestra que los datos son normales con una confianza del 95. Se puede concluir que los datos de la medida sentado sin erguirse para mujeres siguen una distribución normal con media 83,4 y desviación estándar de 3,24.

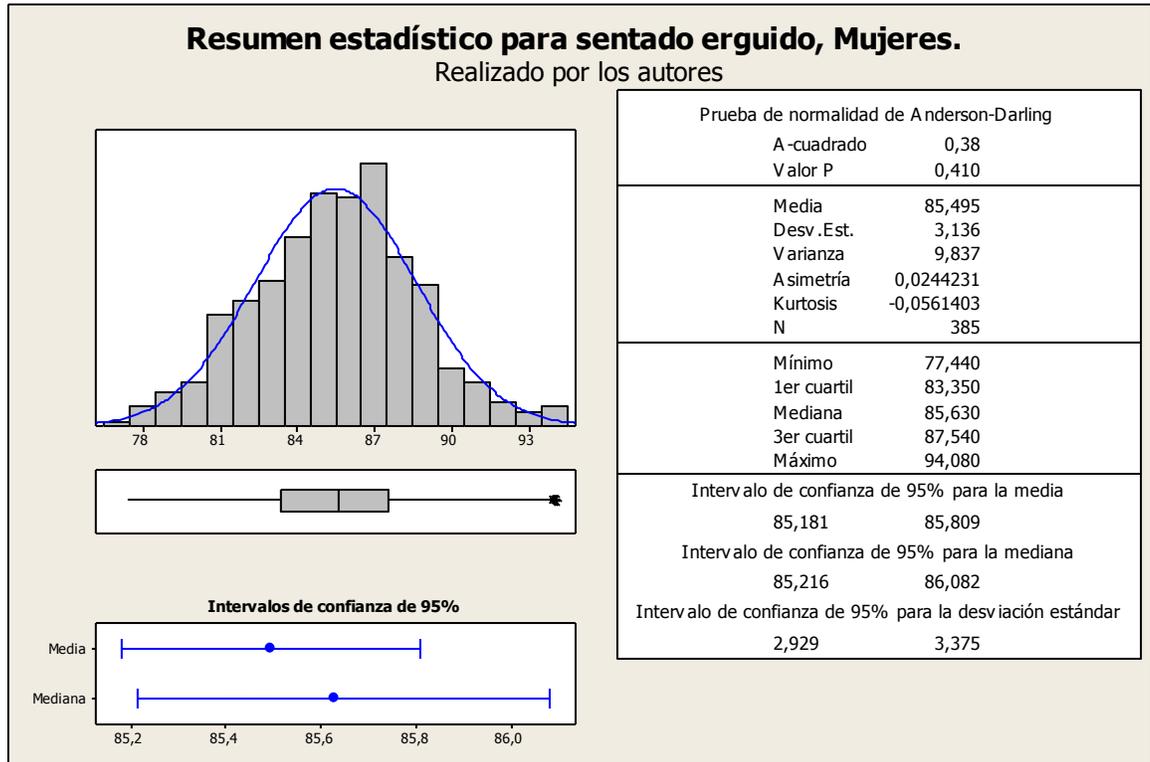
*Sentado erguido*

Gráfico 38: Resumen estadístico para la medida: sentado erguido, mujeres. Realizado por los autores.

Se puede observar que existen puntos atípicos en el extremo derecho de los datos, esto puede verse en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 38. Además, se puede observar que la media y la mediana son 85,495 y 85,63 respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 3,136. Aun cuando la prueba de normalidad de AD presenta un valor p de 0,410 y los datos son normales se realiza una prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

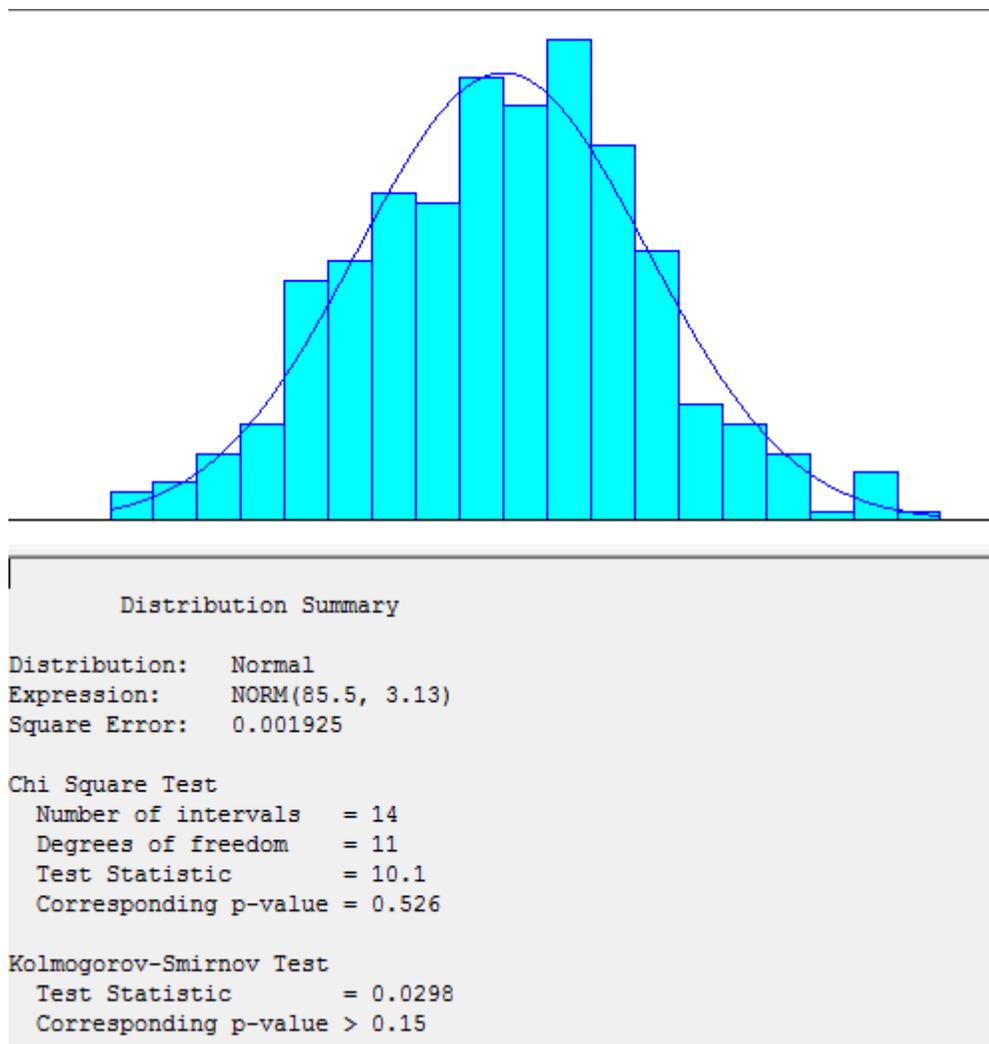


Gráfico 39: Prueba de normalidad KS para la medida: sentado erguido, mujeres. Realizado por los autores

En el Gráfico 39 se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p > 0,15$  muestra que los datos son normales con una confianza del 95. Se puede concluir que los datos de la medida sentado erguido para mujeres siguen una distribución normal con media 85,5 y desviación estándar de 3,13.

### Agarre vertical sentado

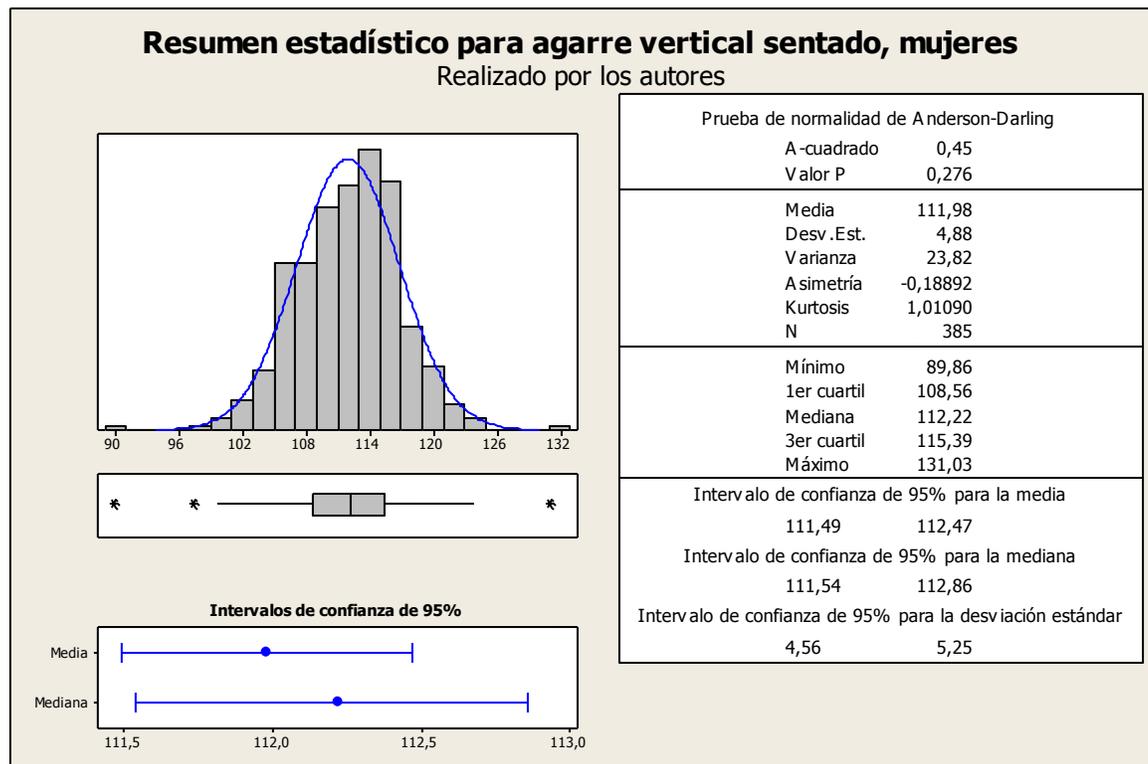


Gráfico 40: Resumen estadístico para la medida: agarre vertical sentado, mujeres. Realizado por los autores.

Se puede observar que existen puntos atípicos en los extremos de los datos, esto puede verse en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 40. Además, se puede observar que la media y la mediana son 111,98 y 112,22 respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 4,88. Aun cuando el valor p de la prueba de normalidad AD es de 0,276 y los datos son normales se realiza una prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

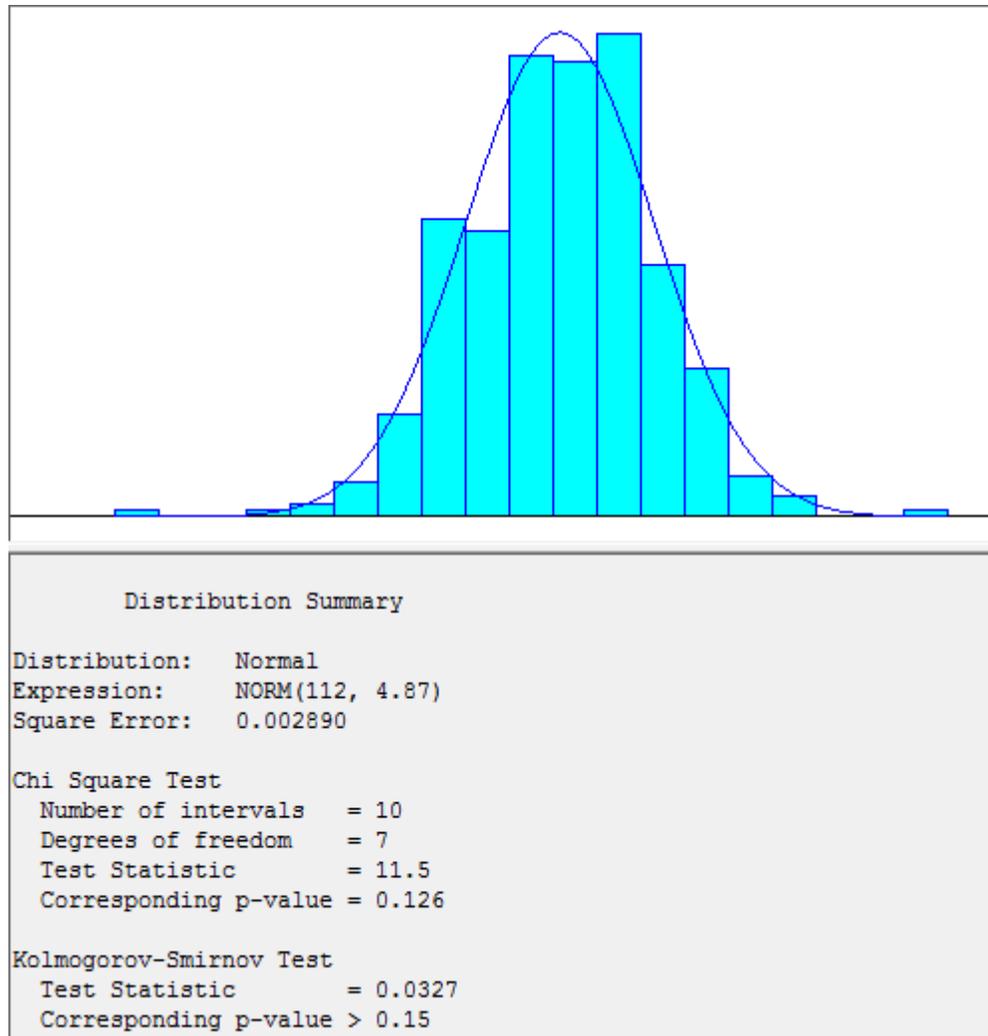


Gráfico 41: Prueba de normalidad KS para la medida: agarre vertical sentado, mujeres. Realizado por los autores

En el Gráfico 41, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p > 0,15$  muestra que los datos son normales con una confianza del 95%. Se puede concluir que los datos de la medida agarre vertical sentado para mujeres siguen una distribución normal con media 112 y desviación estándar de 4,87.

*Altura muslo*

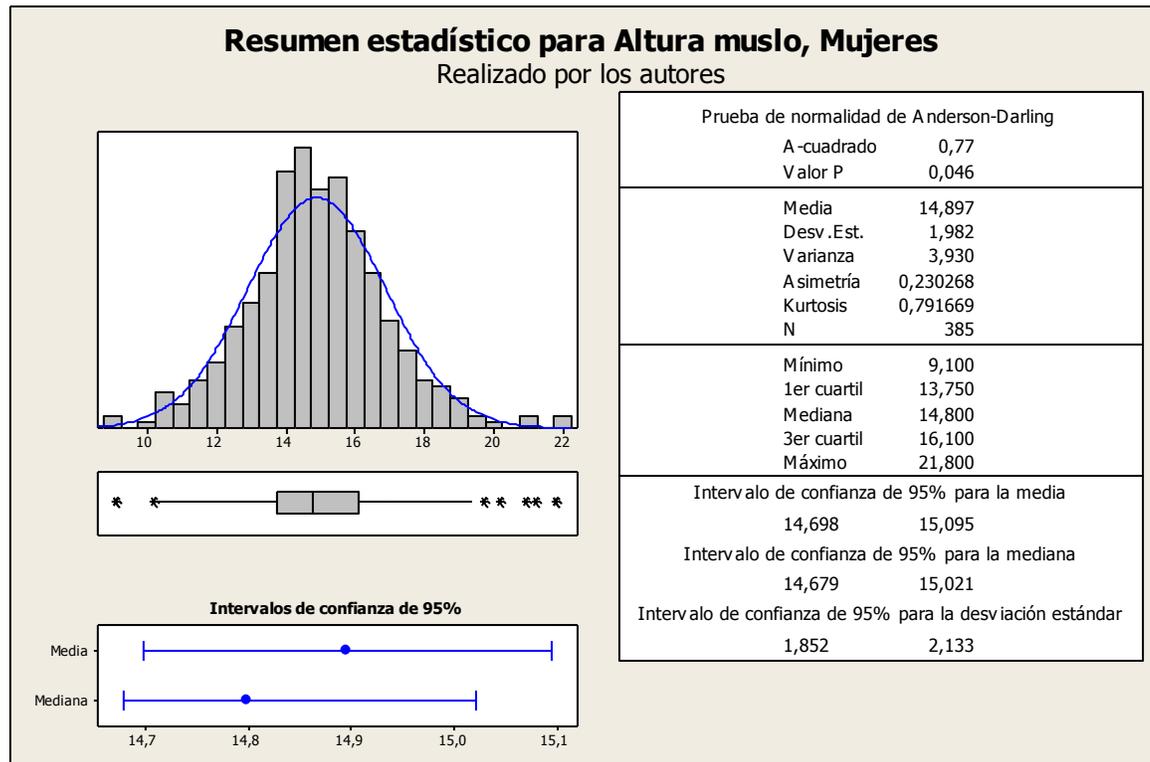


Gráfico 42: Resumen estadístico para la medida: altura muslo, mujeres. Realizado por los autores.

Se puede observar que existen puntos atípicos en ambos extremos de los datos, esto puede ser ver en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 42. Además, se puede observar que la media y la mediana son 14,897 y 14,8 respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 1,982. Para analizar la normalidad de los datos se realiza una prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

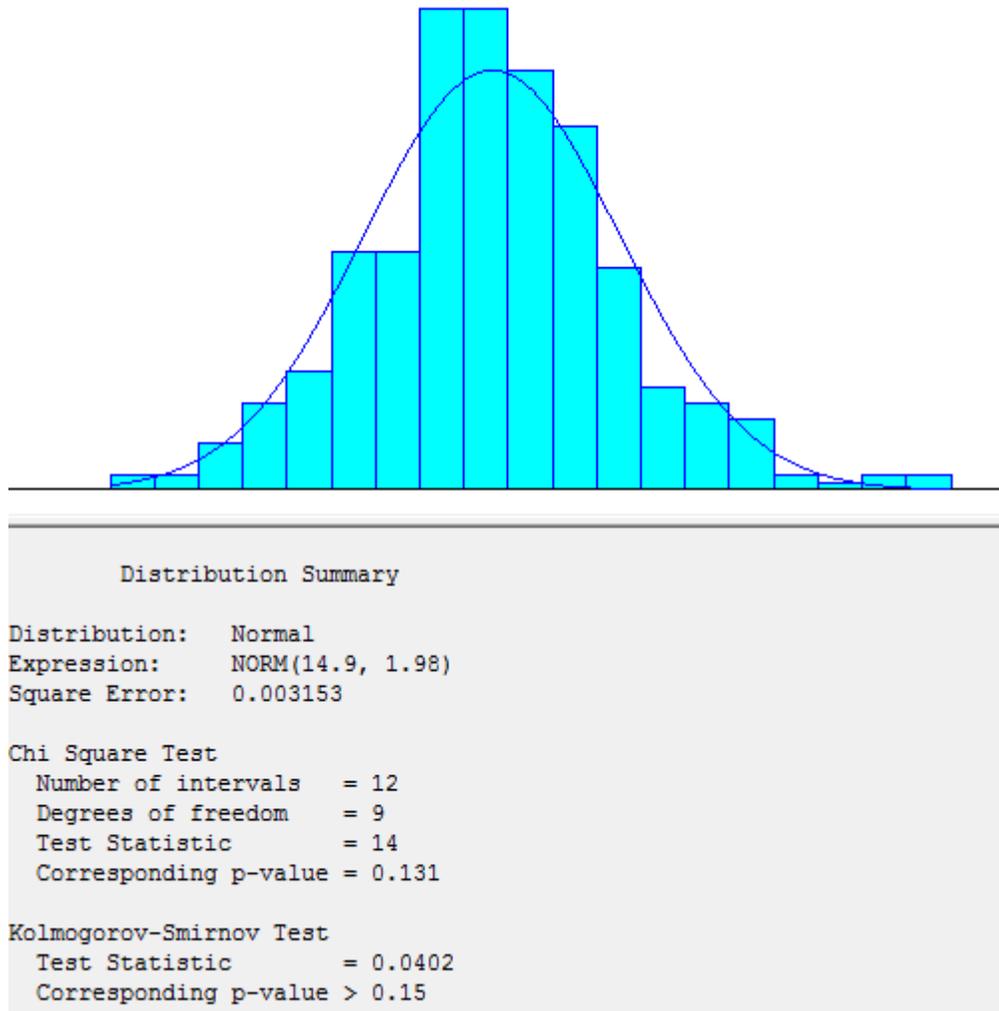


Gráfico 43: Prueba de normalidad KS para la medida: altura muslo, mujeres. Realizado por los autores

En el Gráfico 43, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p > 0,15$  muestra que los datos son normales con una confianza del 95%. Se puede concluir que los datos de la altura muslo para mujeres siguen una distribución normal con media 14,9 y desviación estándar de 1,98.

## Altura rodilla

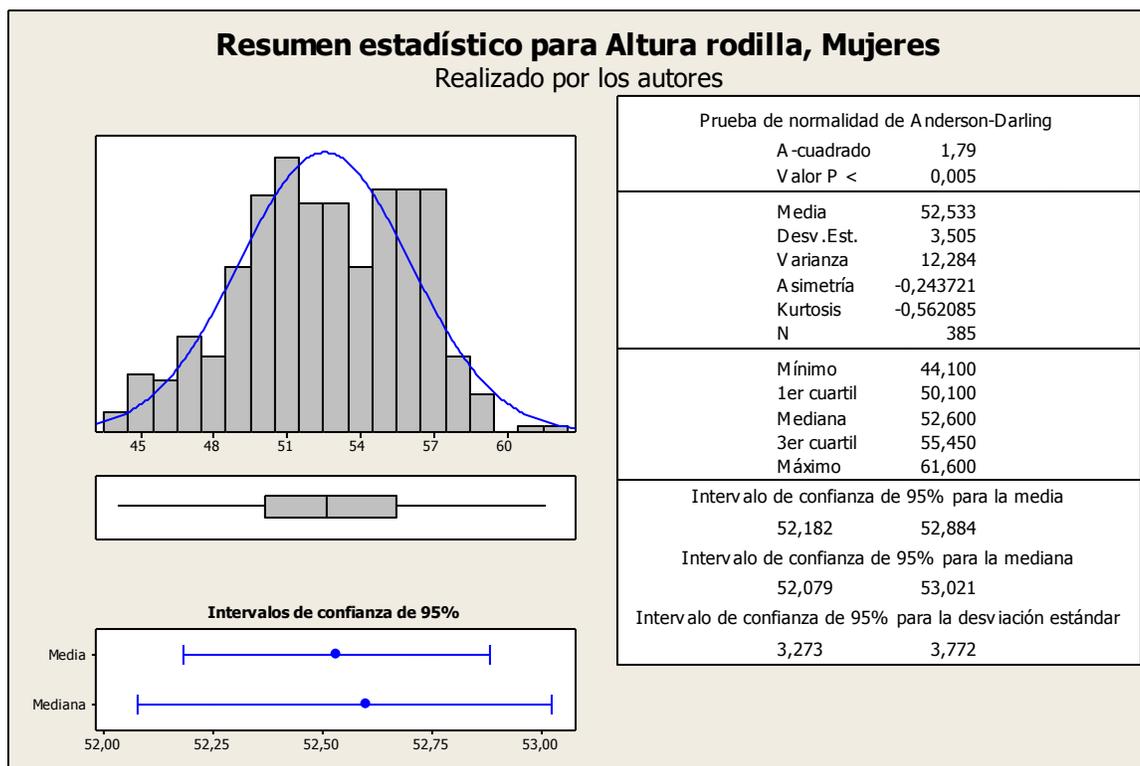


Gráfico 44: Resumen estadístico para la medida: altura rodilla, mujeres. Realizado por los autores.

Se puede observar que no existen puntos atípicos en los extremos de los datos, esto puede ser ver en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 44. Además, se puede observar que la media y la mediana son 52,533 y 52,6 respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 3,505. Para analizar la normalidad de los datos se realiza una prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

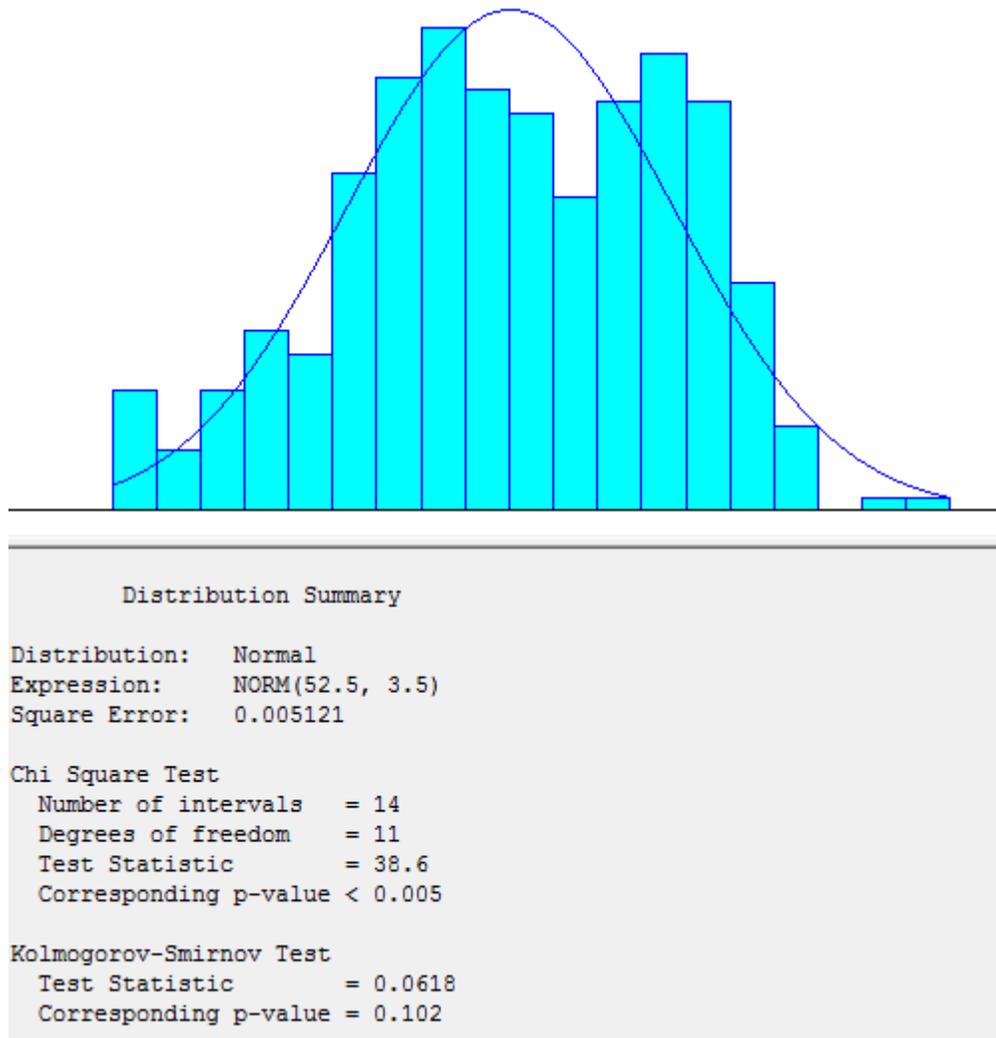


Gráfico 45: Prueba de normalidad KS para la medida: Altura rodilla, Mujeres. Realizado por los autores.

En el Gráfico 45, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p$  es 0,102 lo que muestra que los datos son normales con una confianza del 95%. Se puede concluir que los datos de la altura rodilla para mujeres siguen una distribución normal con media 52,5 y desviación estándar de 3,5.

## Altura poplíteo

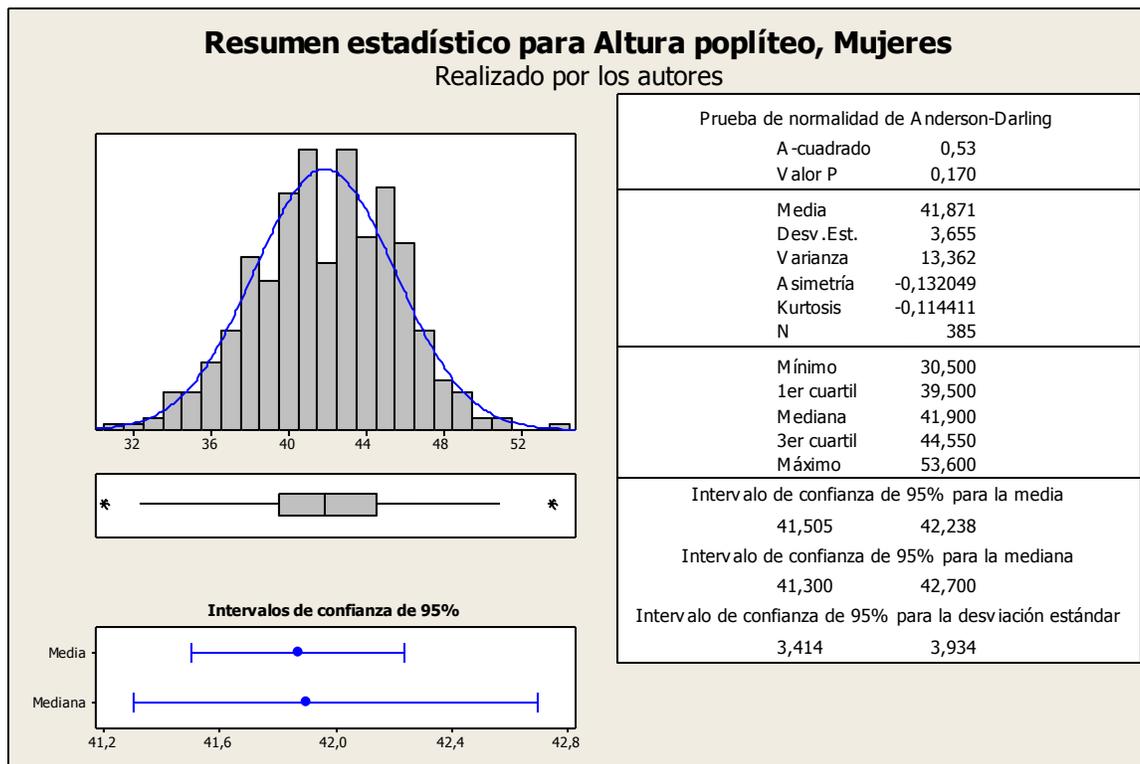


Gráfico 46: Resumen estadístico para la medida: altura poplíteo, mujeres. Realizado por los autores.

Se puede observar que existen puntos atípicos en los extremos de los datos, esto puede ser ver en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 46. Además, se puede observar que la media y la mediana son 41,871 y 41,9 respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 3,665. Aun cuando el valor p de la prueba de normalidad de AD es de 0,17 y los datos distribuyen normal se realiza una prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

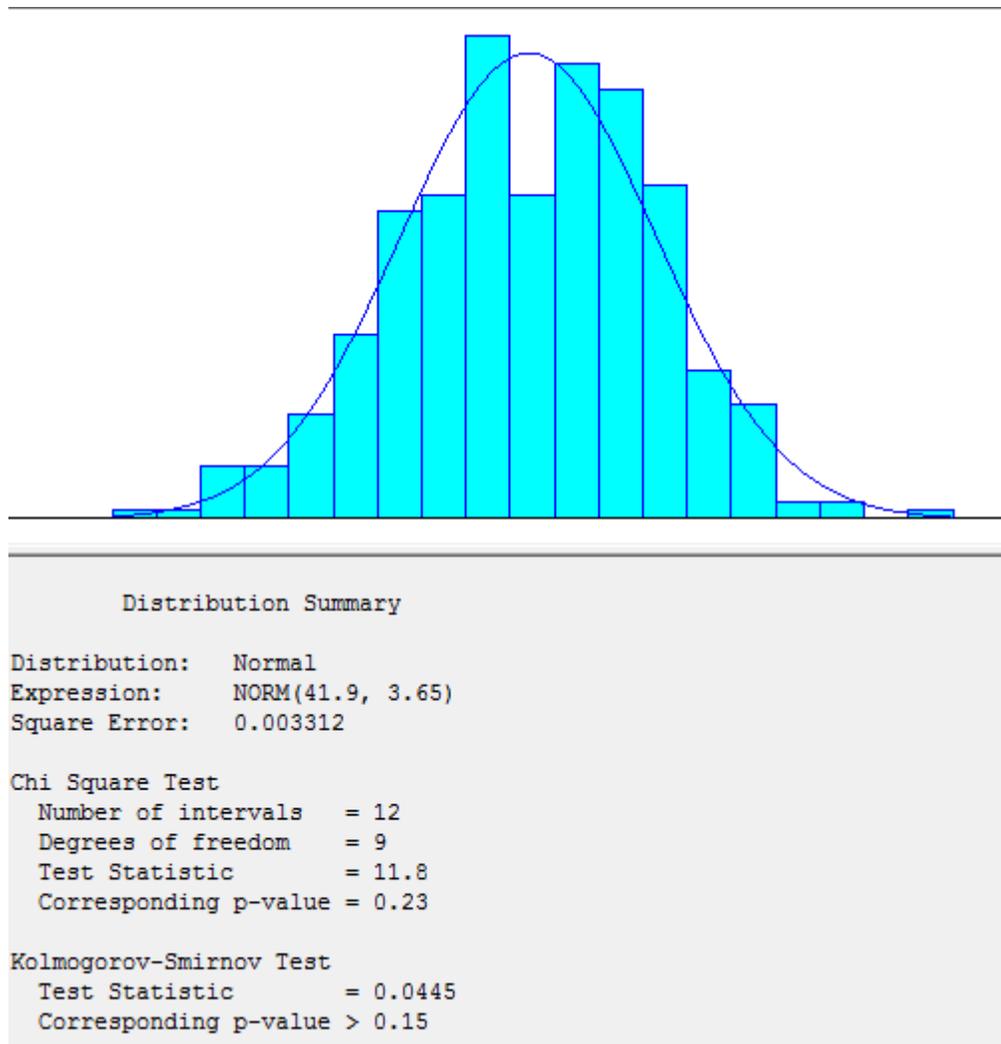


Gráfico 47: Prueba de normalidad para la medida: altura poplíteo, mujeres. Realizado por los autores.

En el Gráfico 47, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p > 0,15$  lo que muestra que los datos son normales con una confianza del 95%. Se puede concluir que los datos de la altura poplíteo para mujeres siguen una distribución normal con media 41,9 y desviación estándar de 3,65.

## Glúteo – rodilla

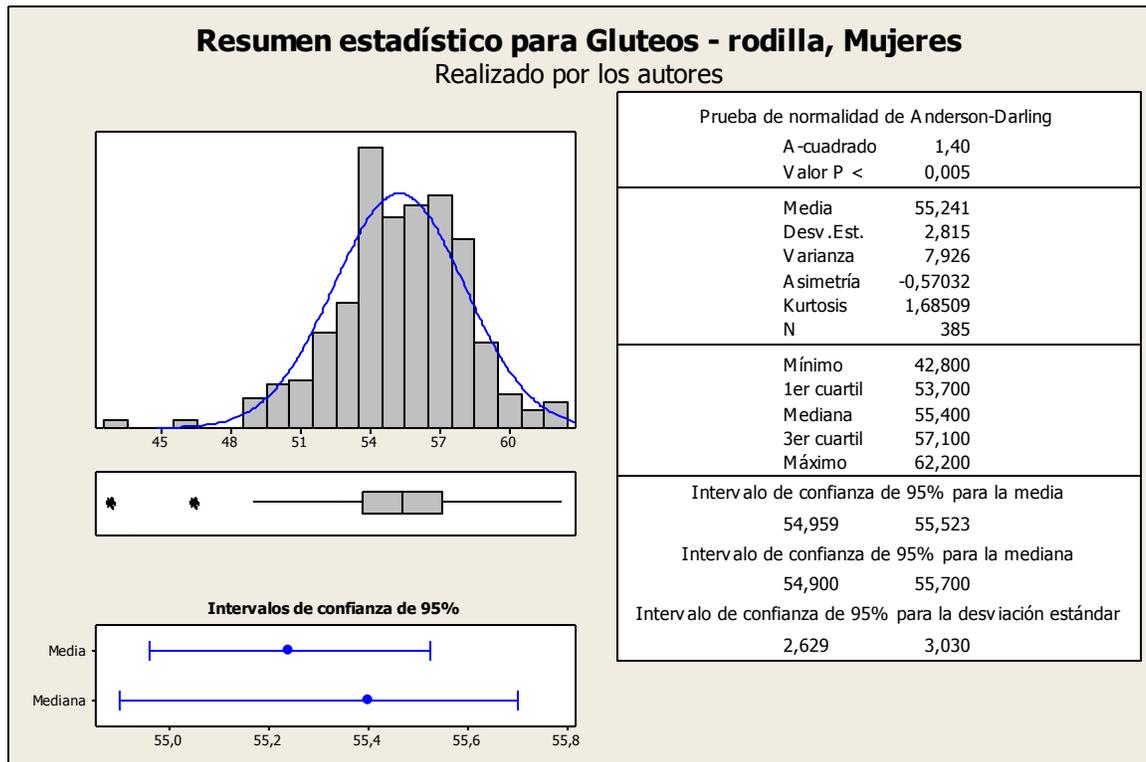


Gráfico 48: Resumen estadístico para la medida: glúteos - rodilla, mujeres. Realizado por los autores.

Se puede observar que existen puntos atípicos en el extremo izquierdo de los datos, esto puede ser ver en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 48. Además, se puede observar que la media y la mediana son 55,241 y 55,4 respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 2,815. Para analizar la normalidad de los datos se realiza una prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación.

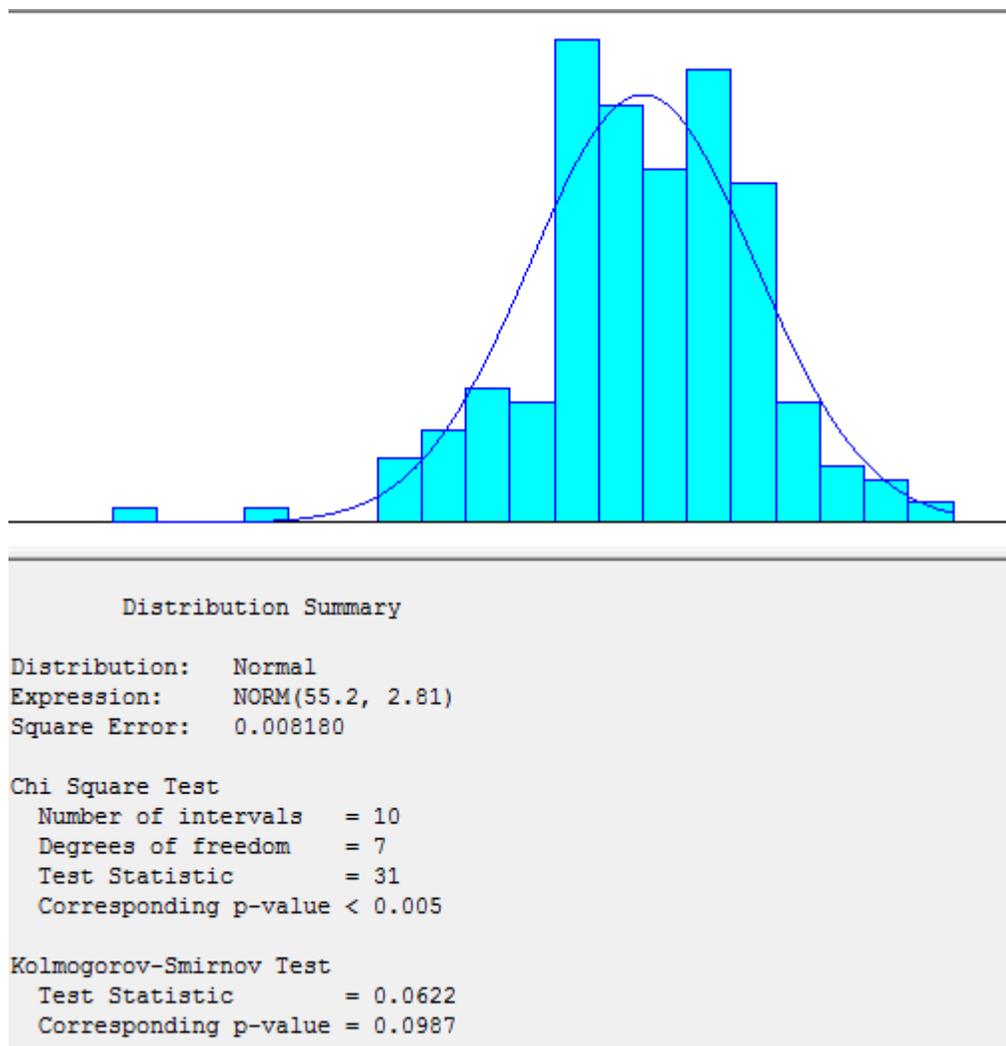


Gráfico 49: Prueba de normalidad KS para la medida: Glúteos - rodilla, Mujeres. Realizado por los autores

En el Gráfico 49, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor p es 0,0987 lo que muestra que los datos son normales con una confianza del 95%. Se puede concluir que los datos de la medida glúteos- rodilla para mujeres siguen una distribución normal con media 55,2 y desviación estándar de 2,81.

*Glúteo – poplíteo*

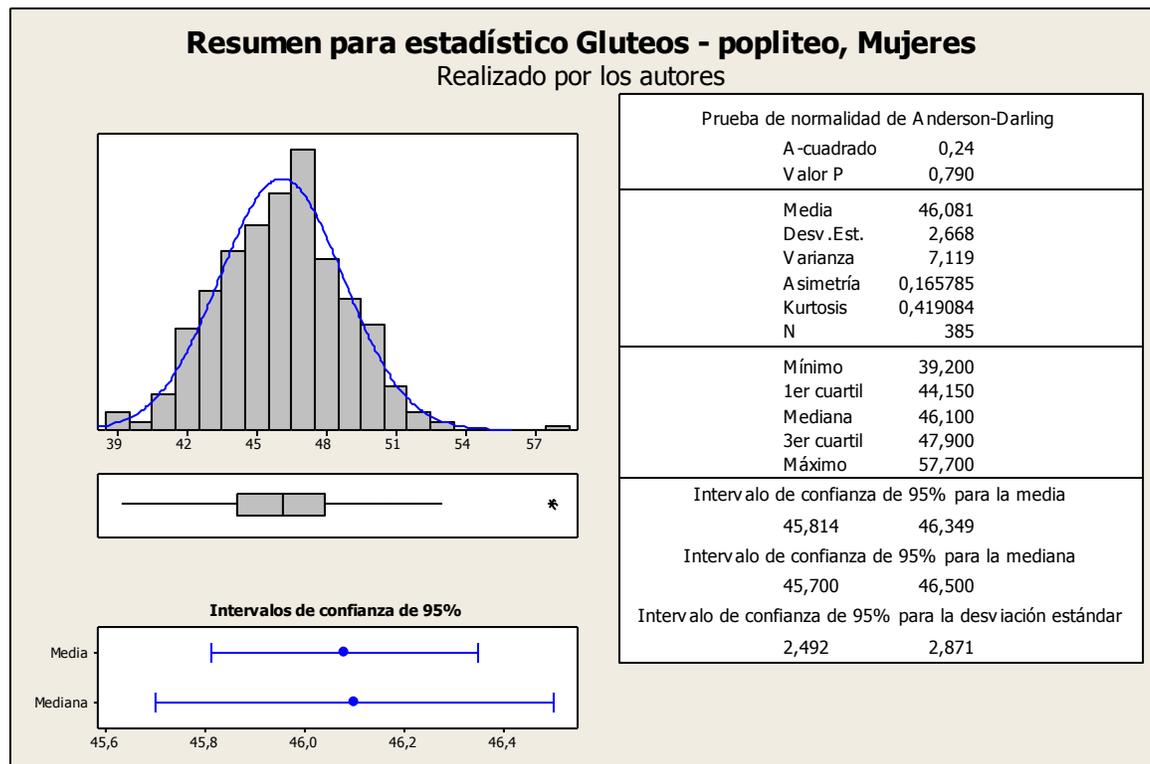


Gráfico 50: Resumen estadístico para la medida: glúteos - poplíteo, mujeres. Realizado por los autores.

Se puede observar que existen puntos atípicos en el extremo derecho de los datos, esto se puede ver en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 50. Además, se puede observar que la media y la mediana son 46,081 y 46,1 respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 2,668. Aun cuando la prueba de normalidad de AD tiene un valor p de 0,79 y los datos distribuyen normal se realiza una prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

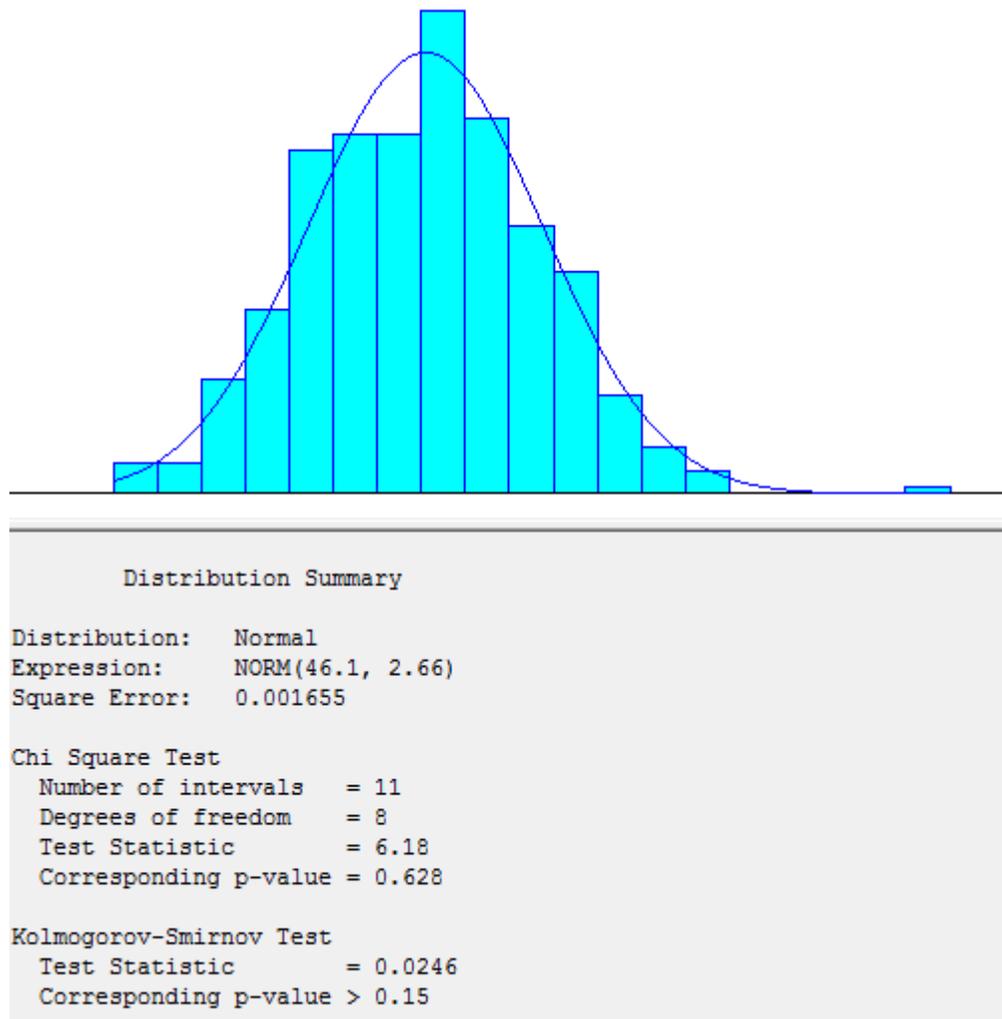


Gráfico 51: Prueba de normalidad KS para la medida: glúteos - poplíteo, mujeres. Realizado por los autores.

En el Gráfico 51, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p$  es mayor a 0,15 lo que muestra que los datos son normales con una confianza del 95%. Se puede concluir que los datos de la medida glúteos- poplíteo para mujeres siguen una distribución normal con media 46,1 y desviación estándar de 2,66.

*Ancho de las caderas*

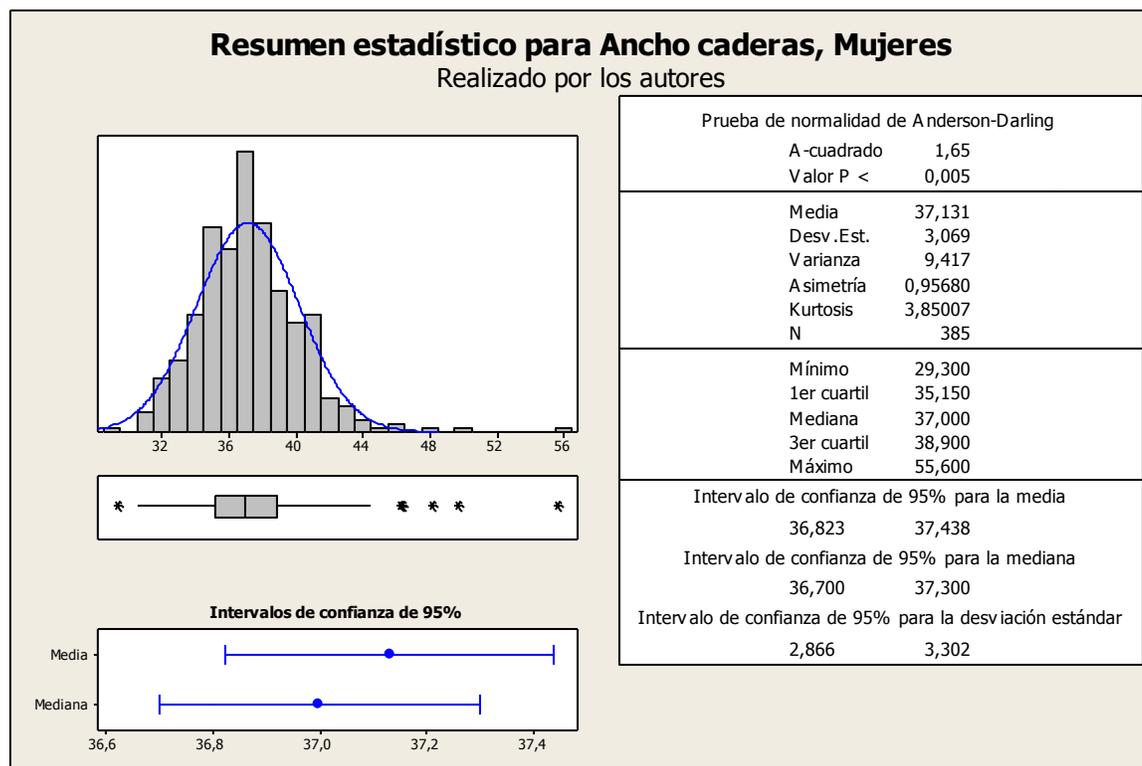


Gráfico 52: Resumen estadístico para la medida: ancho caderas, mujeres. Realizado por los autores.

Se puede observar que existen puntos atípicos en ambos extremos de los datos, esto puede ser ver en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 52. Además, se puede observar que la media y la mediana son 37,131 y 37 respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 3,069. Para probar la normalidad de los datos se realiza una prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

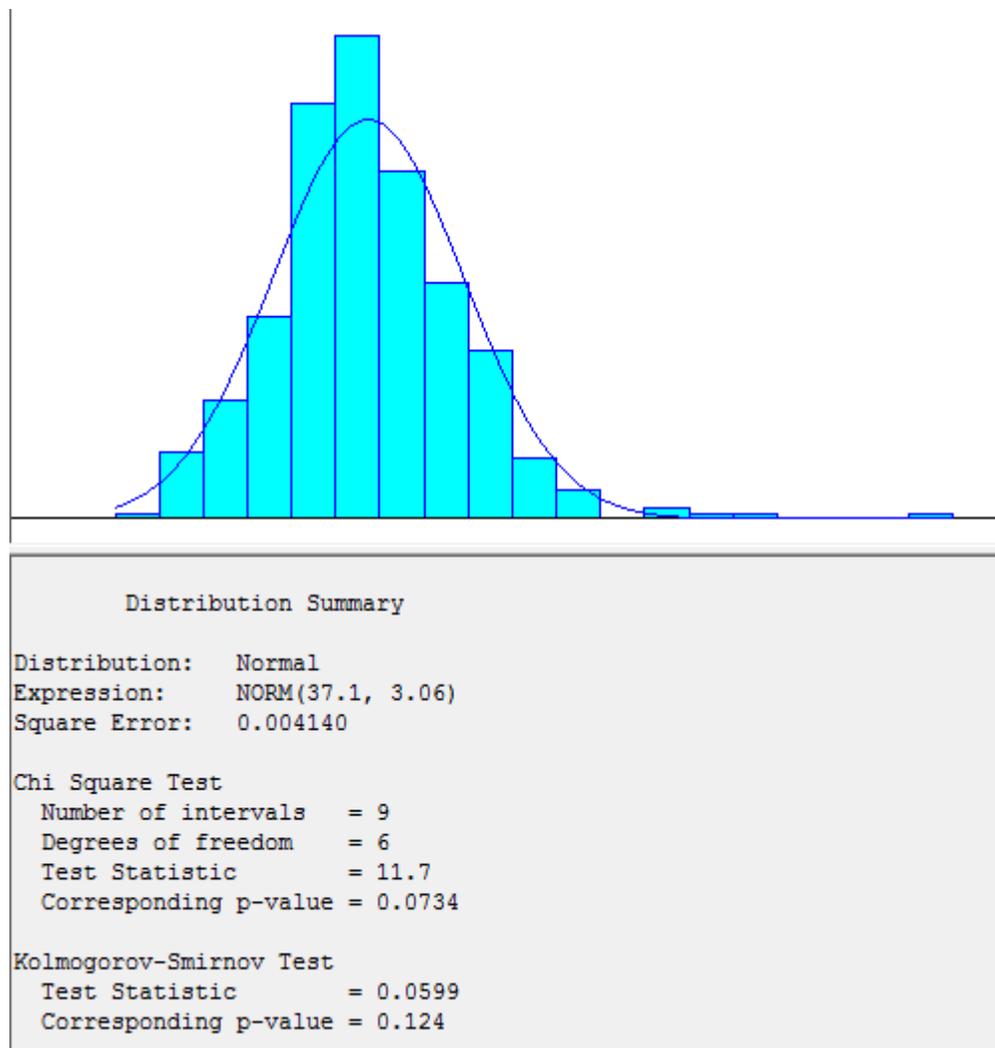


Gráfico 53: Prueba de normalidad KS para la medida: ancho caderas, mujeres. Realizado por los autores

En el Gráfico 53, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor p es 0,124 lo que muestra que los datos son normales con una confianza del 95%. Se puede concluir que los datos de la medida ancho caderas para mujeres siguen una distribución normal con media 37,1 y desviación estándar de 3,06.

*Distancia codo a codo*

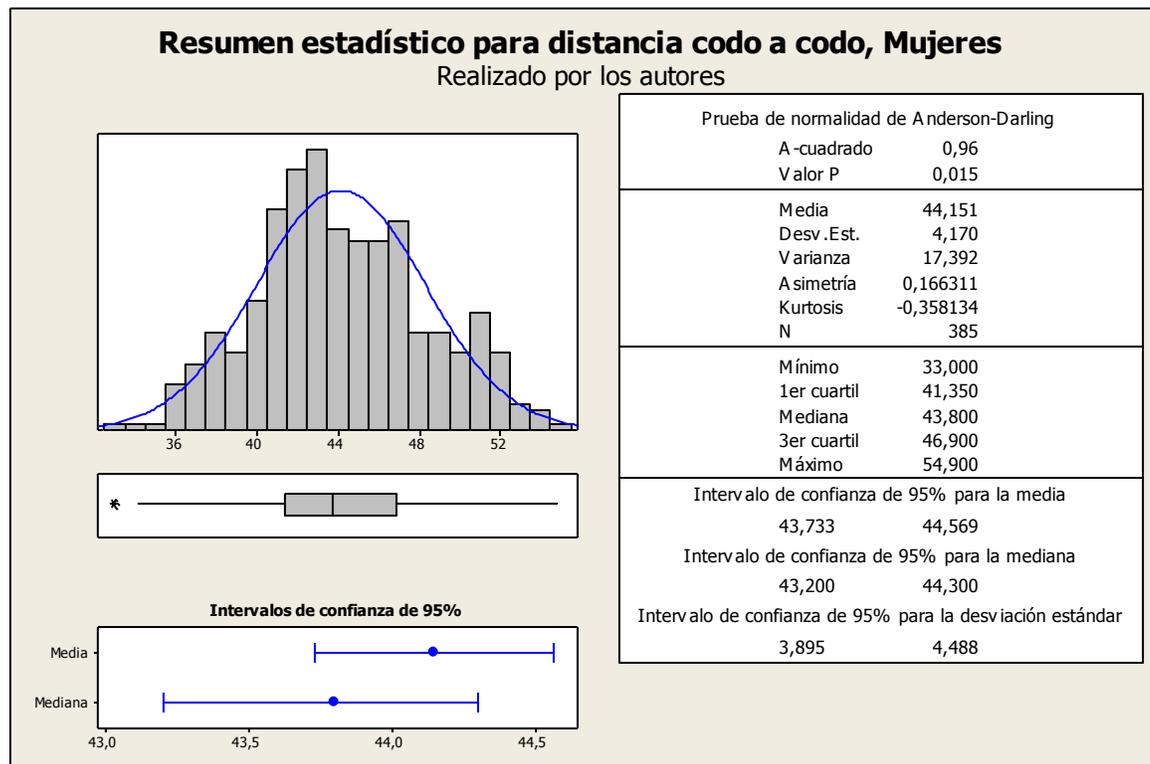


Gráfico 54: Resumen estadístico para la medida: distancia codo a codo, mujeres. Realizado por los autores.

Se puede observar que existen puntos atípicos en el extremo izquierdo de los datos, esto puede ser ver en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 54. Además, se puede observar que la media y la mediana son 44,151 y 43,8 respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 4,170. Para probar la normalidad de los datos se realiza una prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

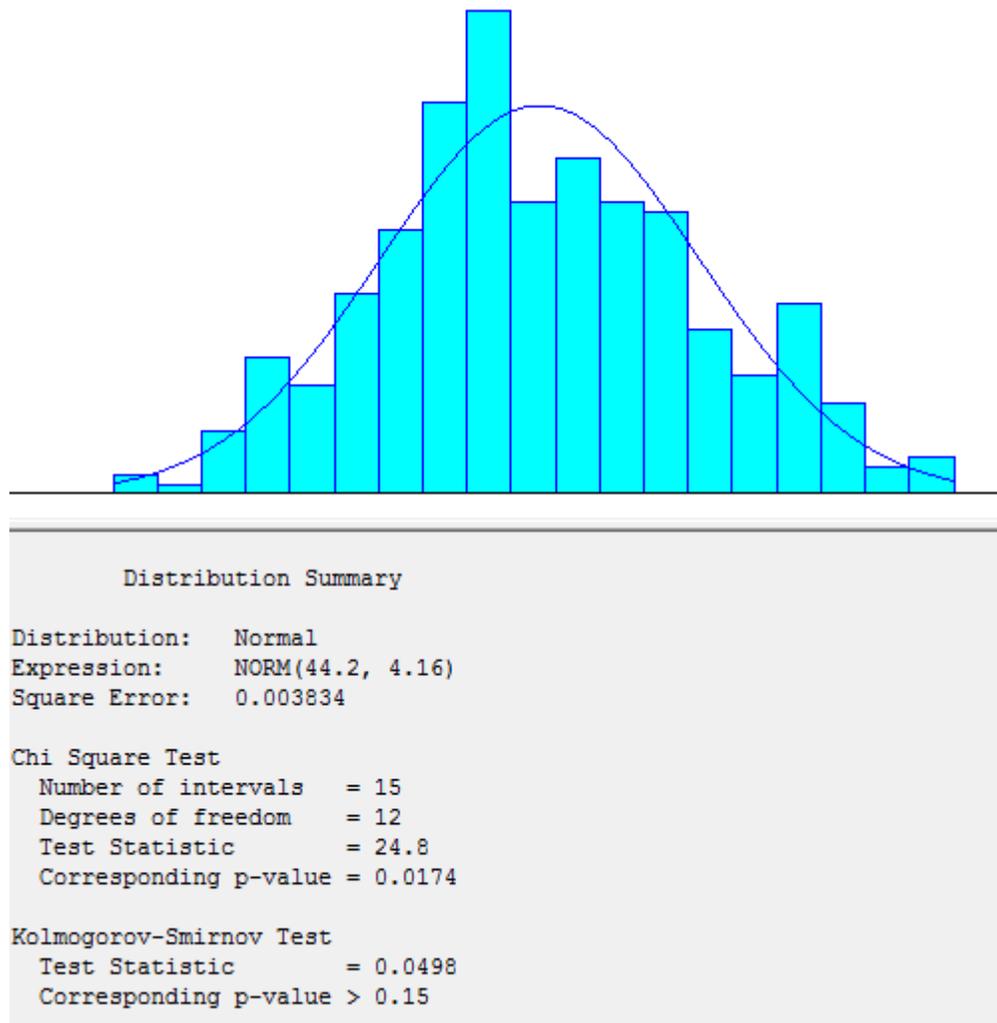


Gráfico 55: Prueba de normalidad KS para la medida: distancia codo a codo, mujeres. Realizado por los autores

En el Gráfico 55, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor p es mayor a 0,15 lo que muestra que los datos son normales con una confianza del 95%. Se puede concluir que los datos de la medida distancia codo a codo para mujeres siguen una distribución normal con media 44,2 y desviación estándar de 4,16.

*Distancia codo asiento*

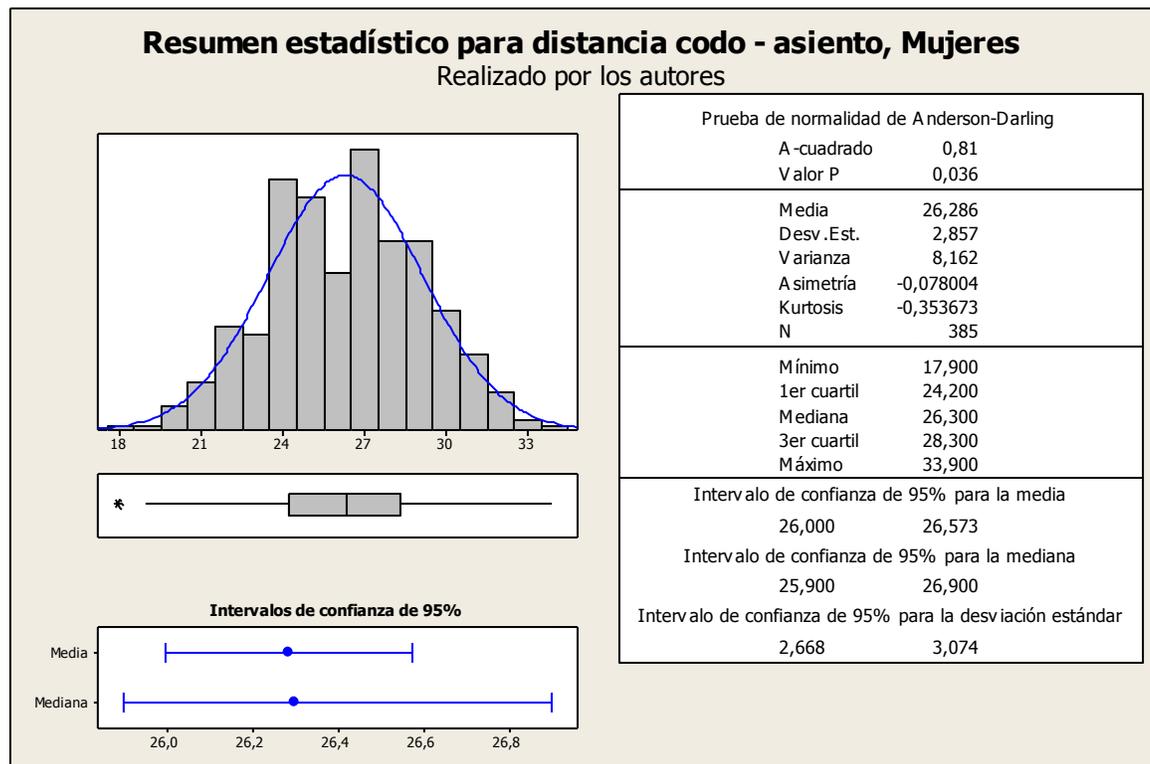


Gráfico 56: Resumen estadístico para la medida: distancia codo - asiento, mujeres. Realizado por los autores.

Se puede observar que existen puntos atípicos en el extremo izquierdo de los datos, esto puede ser ver en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 56. Además, se puede observar que la media y la mediana son 26,286 y 26,3 respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 2,857. Para probar la normalidad de los datos se realiza una prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

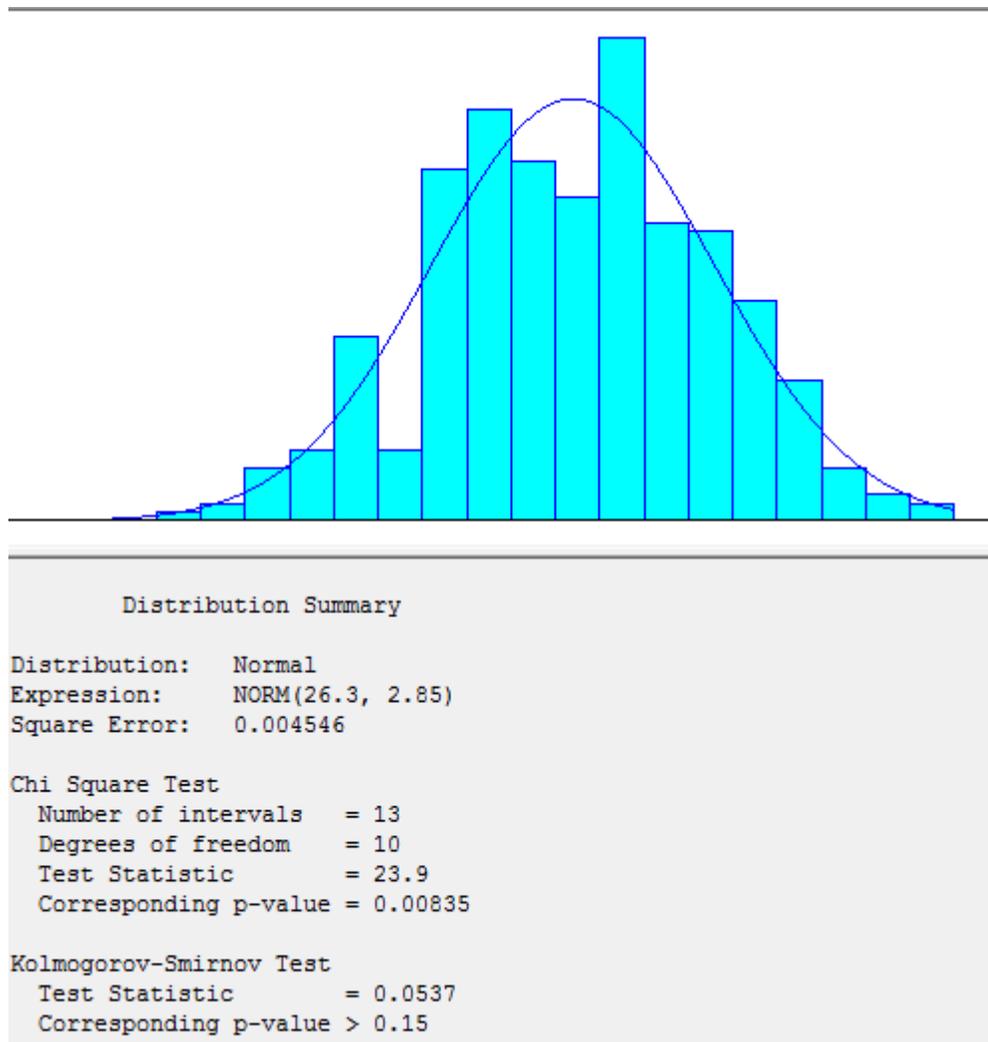


Gráfico 57: Prueba de normalidad KS para la medida: distancia codo - asiento, mujeres. Realizado por los autores

En el Gráfico 57, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p$  es mayor a 0,15 lo que muestra que los datos son normales con una confianza del 95%. Se puede concluir que los datos de la medida distancia codo- asiento para mujeres siguen una distribución normal con media 26,3 y desviación estándar de 2,85.

## Estatura

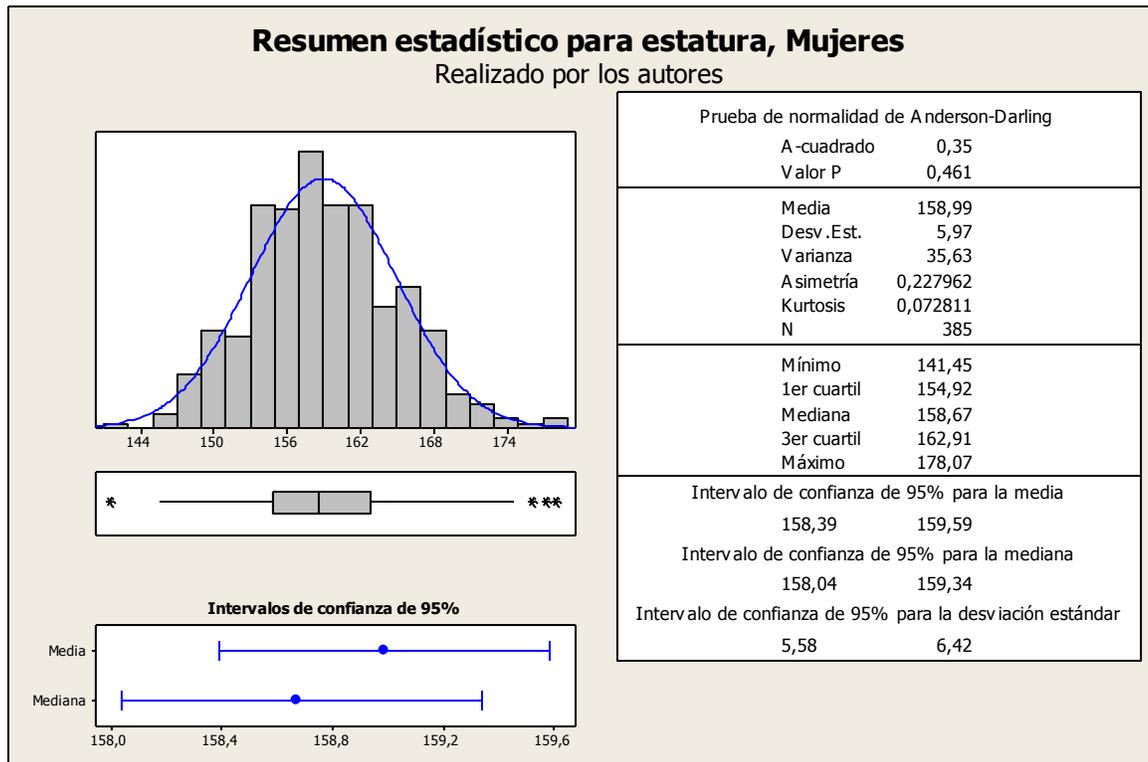


Gráfico 58: Resumen estadístico para la medida: estatura, mujeres. Realizado por los autores.

Se puede observar que existen puntos atípicos en los extremos de los datos, esto puede ser ver en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 58. Además, se puede observar que la media y la mediana son 158,99 y 158,67 respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 5,97. Aun cuando la prueba de normalidad de AD presenta un valor p de 0,461 y los datos son normales se realiza una prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

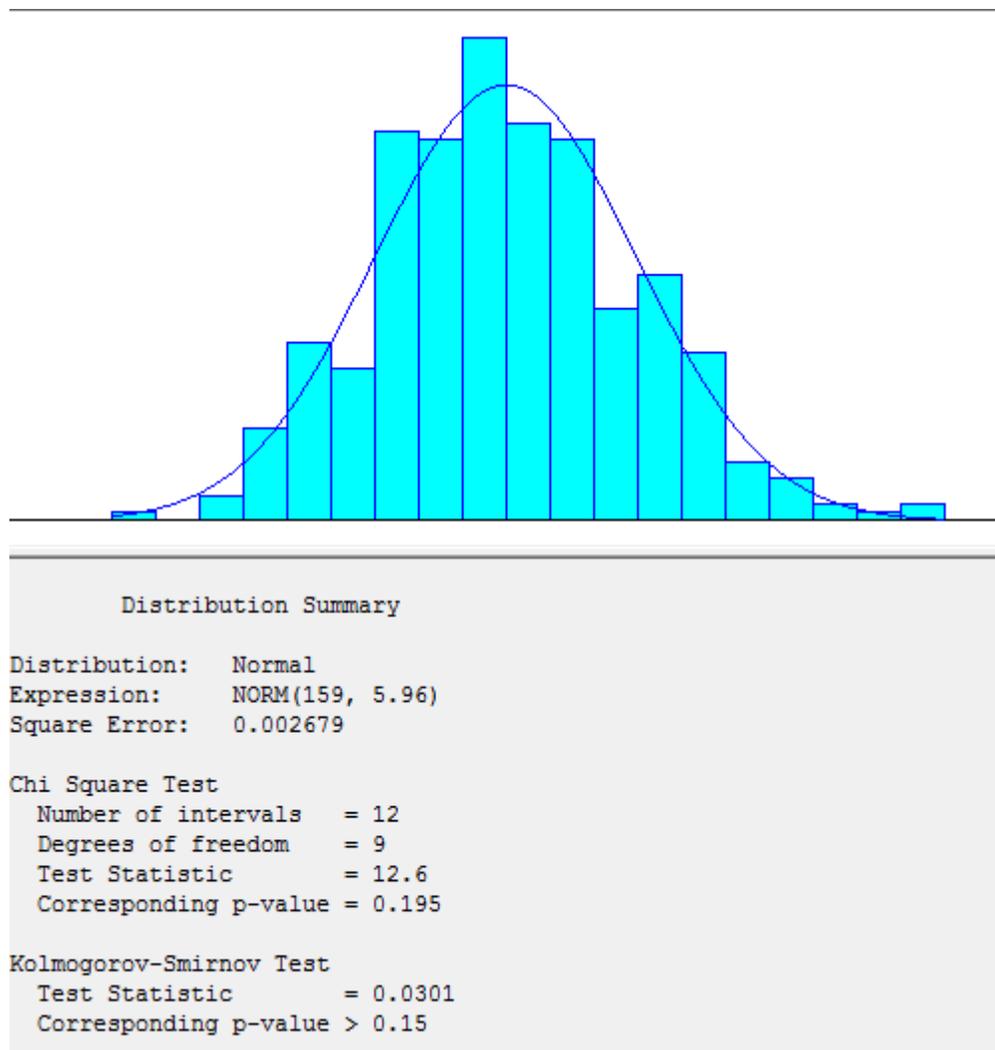


Gráfico 59: Prueba de normalidad KS para la medida: estatura, mujeres. Realizado por los autores.

En el Gráfico 59, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p$  es mayor a 0,15 lo que muestra que los datos son normales con una confianza del 95%. Se puede concluir que los datos de la medida estatura para mujeres siguen una distribución normal con media 159 y desviación estándar de 5,96.

### Agarre vertical parado

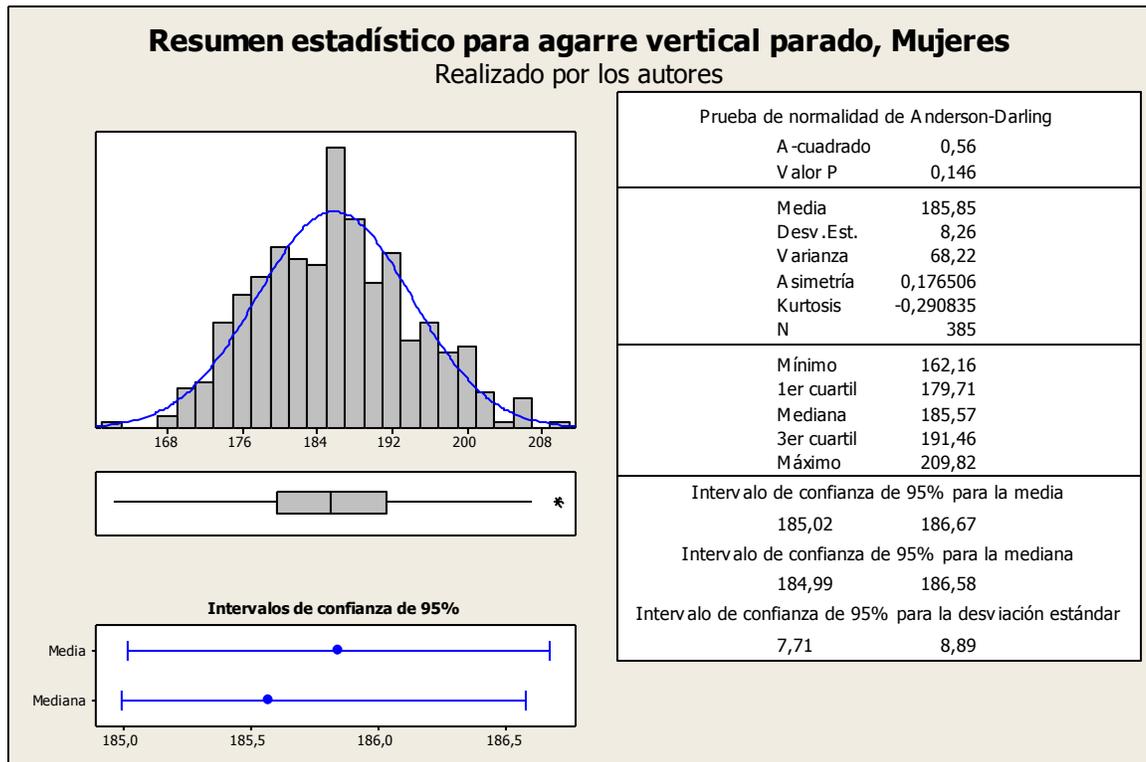


Gráfico 60: Resumen estadístico para la medida: agarre vertical parado, mujeres. Realizado por los autores.

Se puede observar que existen puntos atípicos en el extremo derecho de los datos, esto puede ser ver en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 60. Además, se puede observar que la media y la mediana son 185,85 y 185,57 respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 8,26. Aun cuando la prueba de normalidad de AD presenta un valor p de 0,146 y los datos son normales se realiza una prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

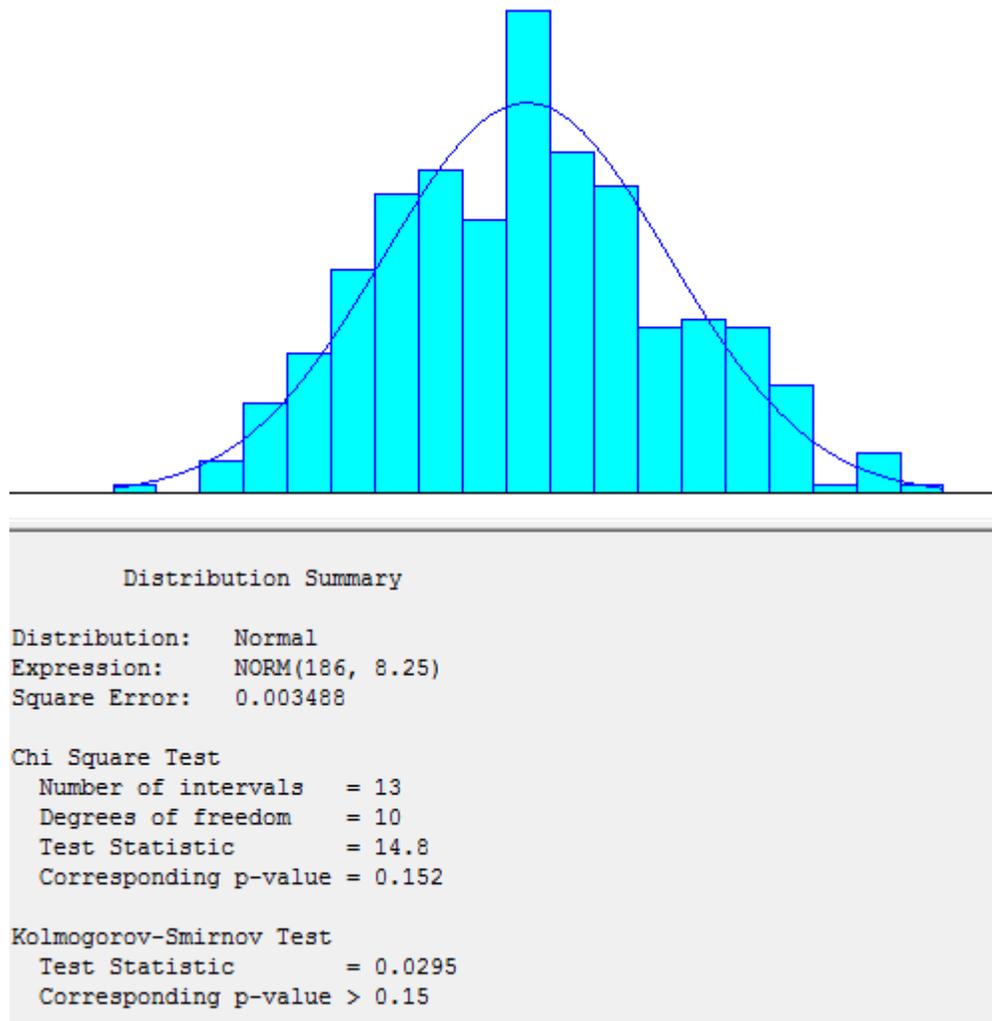


Gráfico 61: Prueba de normalidad KS para la medida: agarre vertical parado, mujeres. Realizado por los autores

En el Gráfico 61, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p$  es mayor a 0,15 lo que muestra que los datos son normales con una confianza del 95%. Se puede concluir que los datos de la medida agarre vertical parado para mujeres siguen una distribución normal con media 186 y desviación estándar de 8,25.

### Agarre horizontal parado

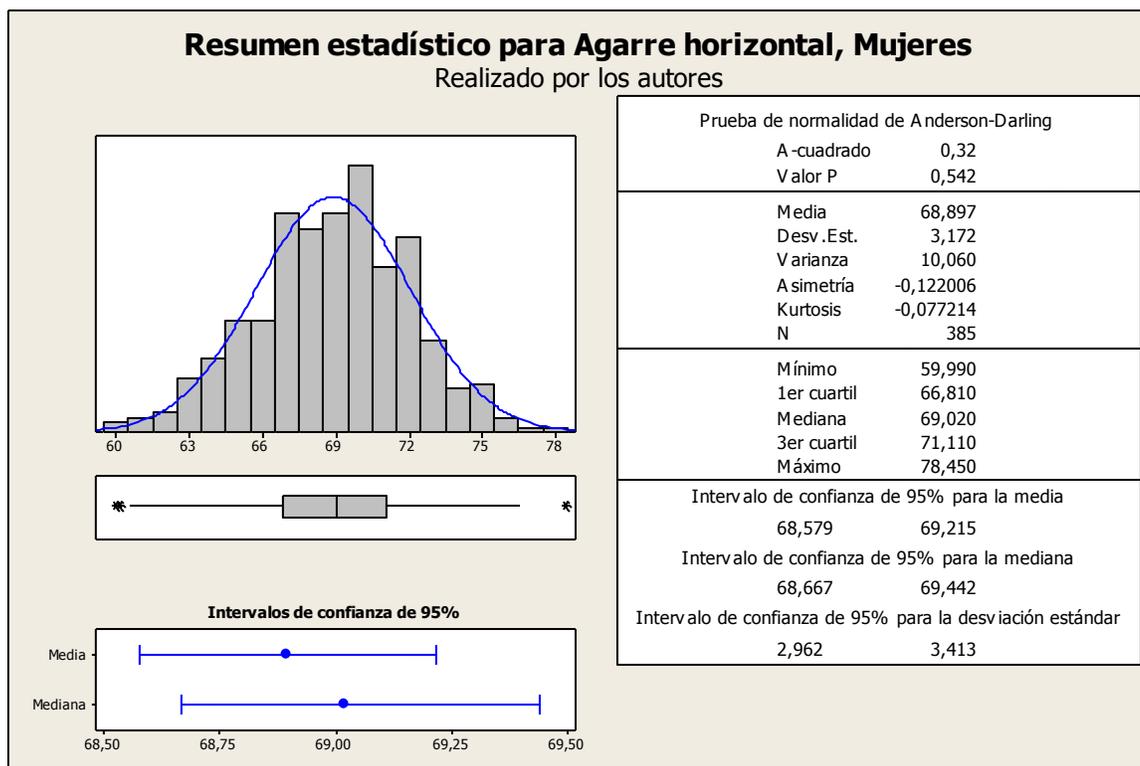


Gráfico 62: Resumen estadístico para la medida: agarre horizontal parado, mujeres. Realizado por los autores.

Se puede observar que existen puntos atípicos en los extremos de los datos, esto se puede ver en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 62. Además, se puede observar que la media y la mediana son 68,897 y 69,02 respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 3,172. Aun cuando la prueba de normalidad de AD presenta un valor p de 0,542 y los datos son normales se realiza una prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

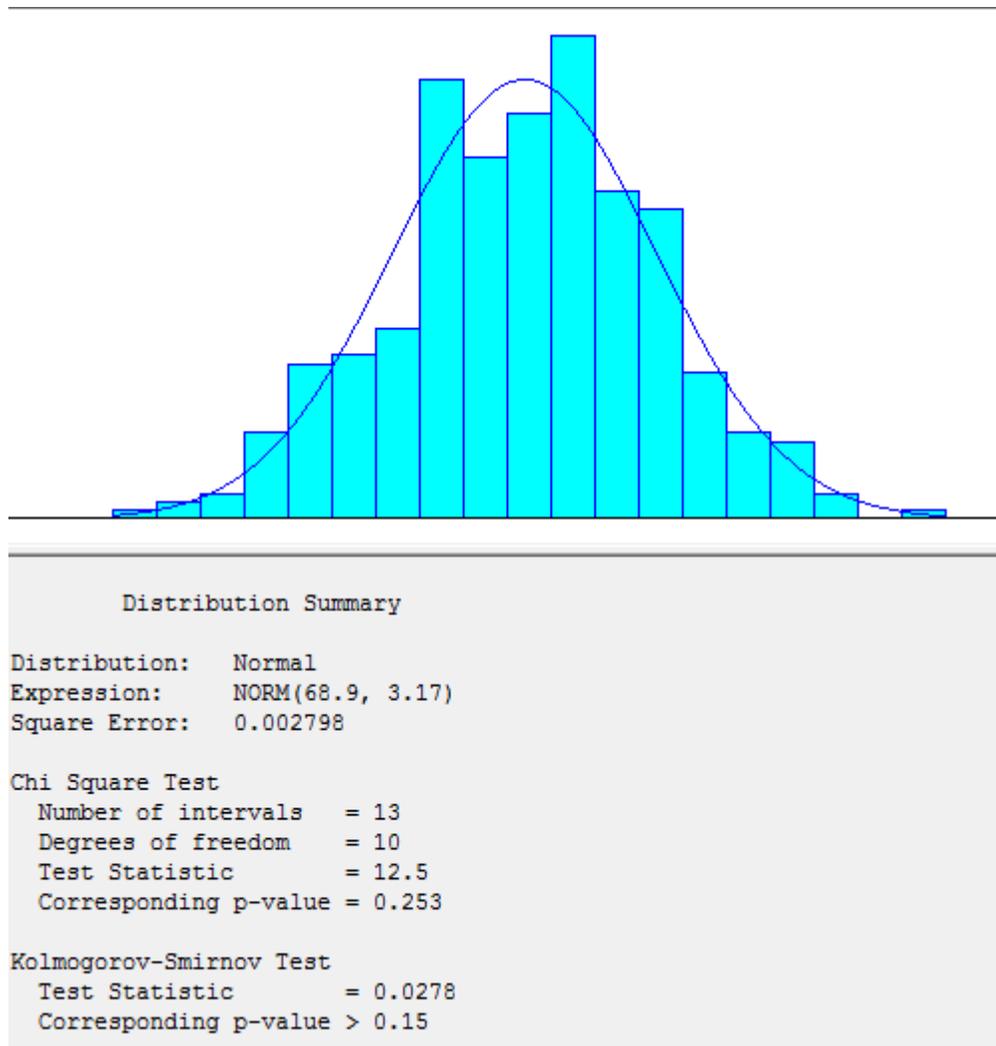


Gráfico 63: Prueba de normalidad KS para la medida: agarre horizontal, mujeres. Realizado por los autores.

En el Gráfico 63, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p$  es mayor a 0,15 lo que muestra que los datos son normales con una confianza del 95%. Se puede concluir que los datos de la medida agarre horizontal para mujeres siguen una distribución normal con media 68,9 y desviación estándar de 3,17.

## Anexo 4

*Sentado sin erguirse*

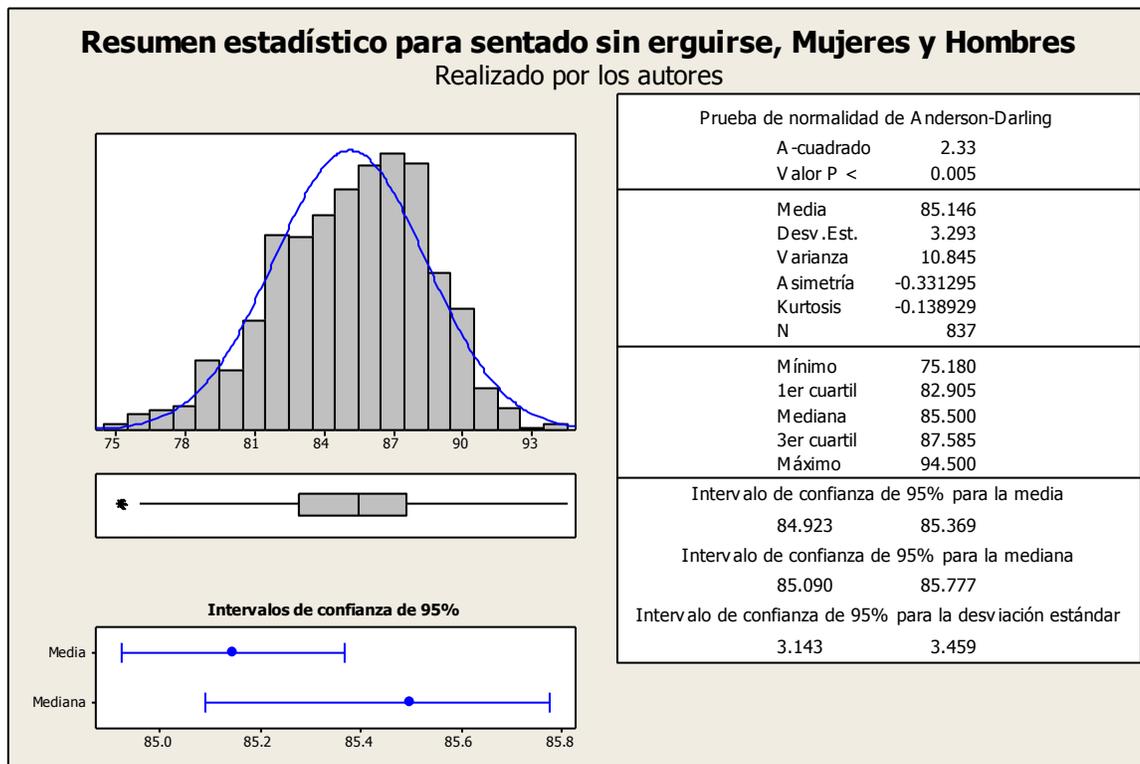


Gráfico 64: Resumen estadístico para la medida sentado sin erguirse, mujeres y hombres. Realizado por los autores.

Se puede observar que existen puntos atípicos en el extremo izquierdo de los datos, esto se puede ver en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 64. Además, se puede observar que la media y la mediana son 85,146 y 85,5, respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 3,293. Para comprobar la normalidad de los datos se realiza la prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

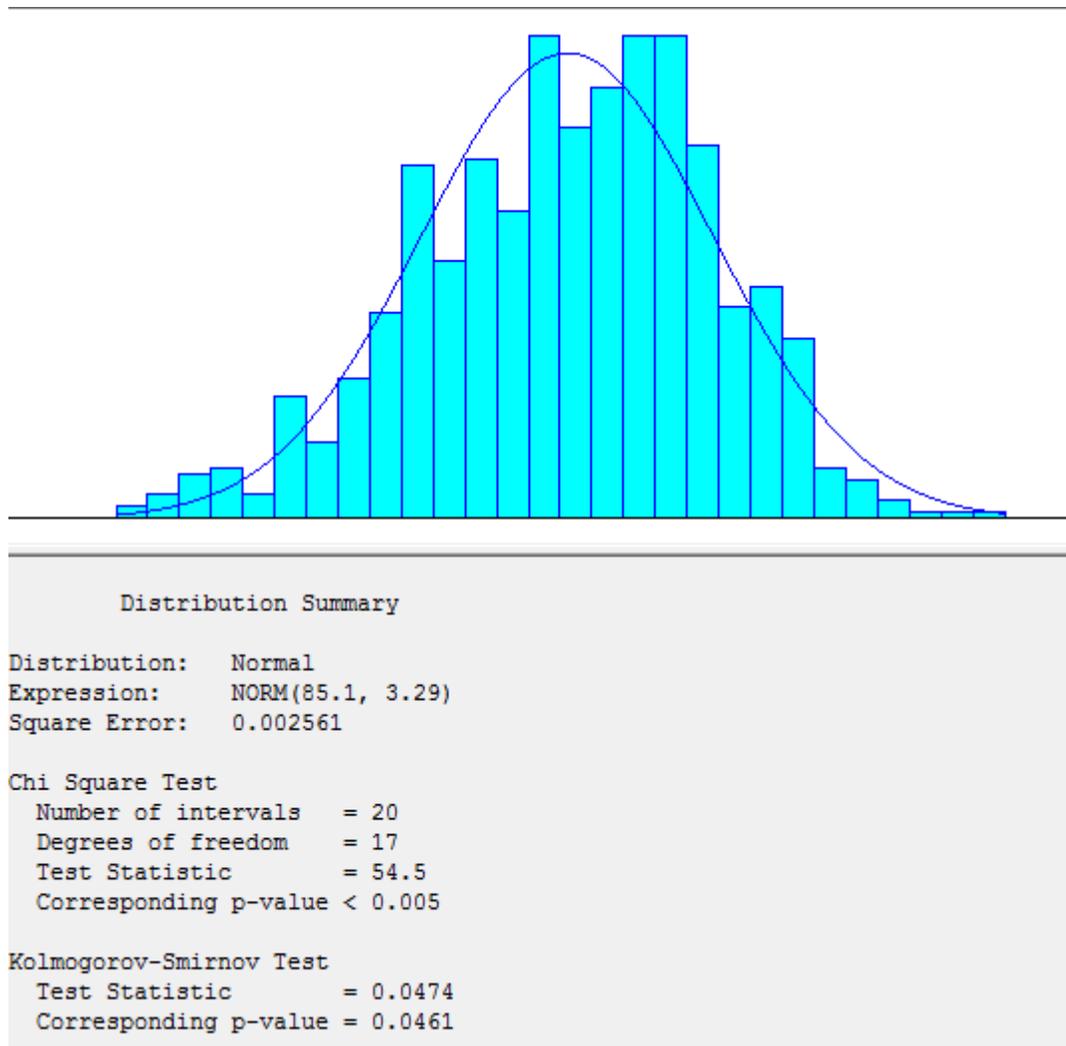


Gráfico 65: Prueba de normalidad KS para la medida sentado sin erguirse, mujeres y hombres. Realizado por los autores.

En el Gráfico 65, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p$  es 0,0461 lo que muestra que los datos no son normales. Se puede concluir que los datos de la medida sentado sin erguirse combinando las muestras de hombres y mujeres no siguen una distribución normal.

*Sentado erguido*

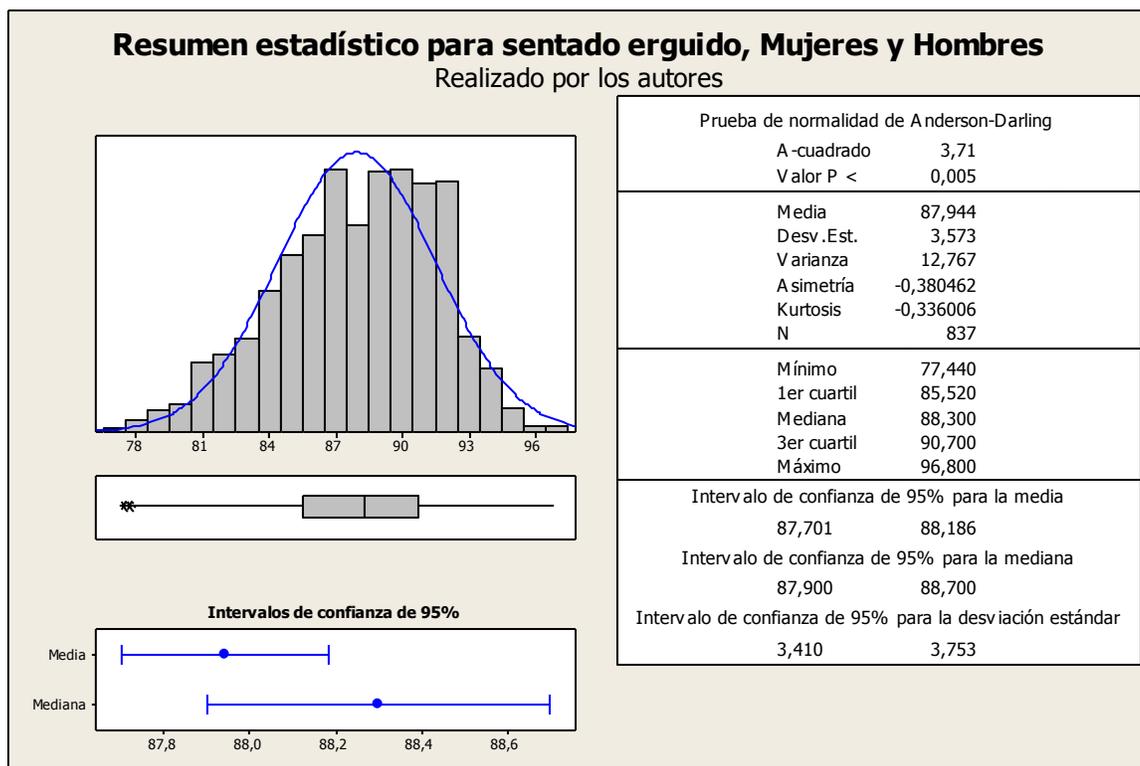


Gráfico 66: Resumen estadístico para la medida sentado erguido, mujeres y hombres. Realizado por los autores.

Se puede observar que existen puntos atípicos en el extremo izquierdo de los datos, esto se puede ver en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 66. Además, se puede observar que la media y la mediana son 87,944 y 88,3, respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 3,573. Para comprobar la normalidad de los datos se realiza la prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

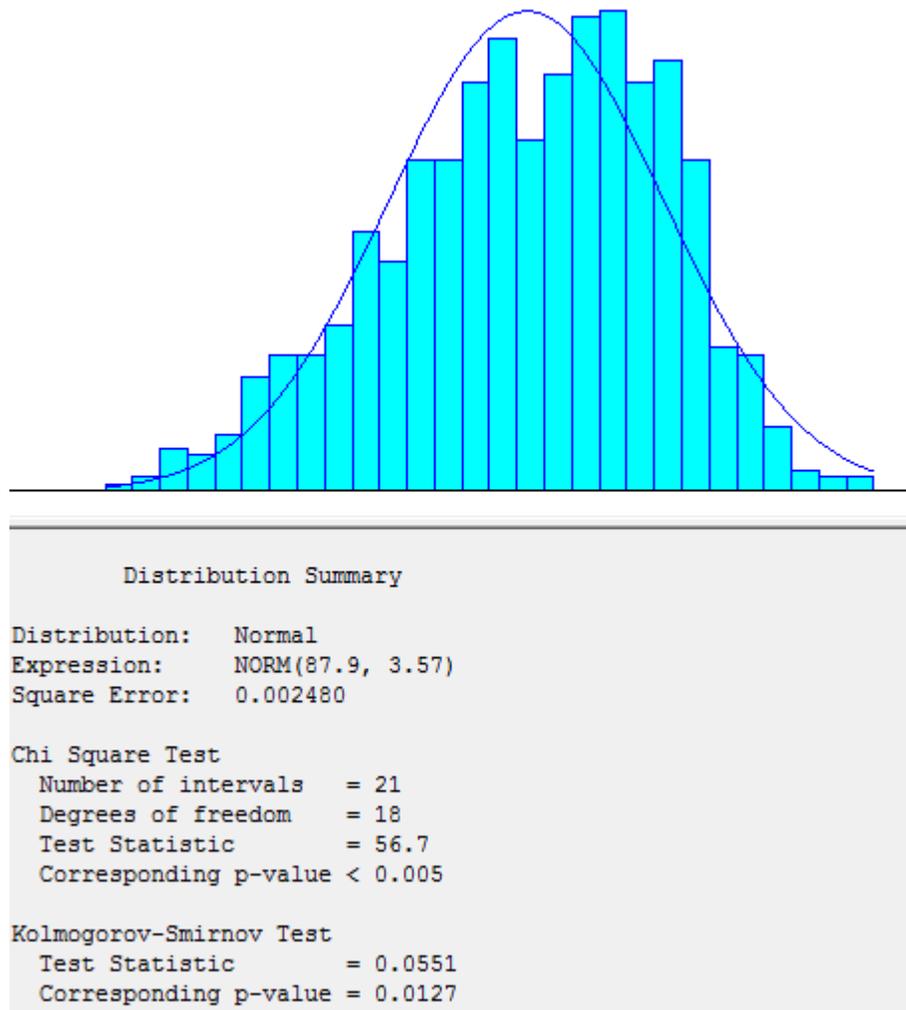


Gráfico 67: Prueba de normalidad KS para la medida sentado erguido, mujeres y hombres. Realizado por los autores.

En el Gráfico 67, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p$  es 0,0127 lo que muestra que los datos no son normales. Se puede concluir que los datos de la medida sentado erguido combinando las muestras de hombres y mujeres no siguen una distribución normal.

### Agarre vertical sentado

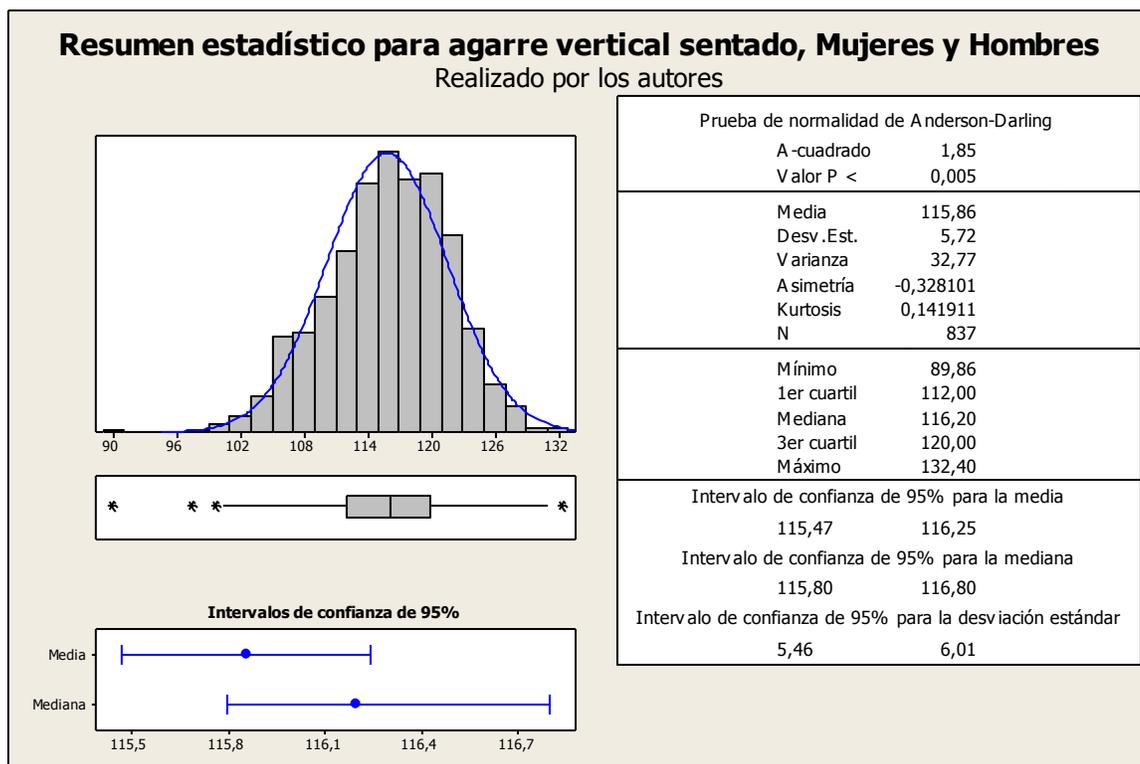
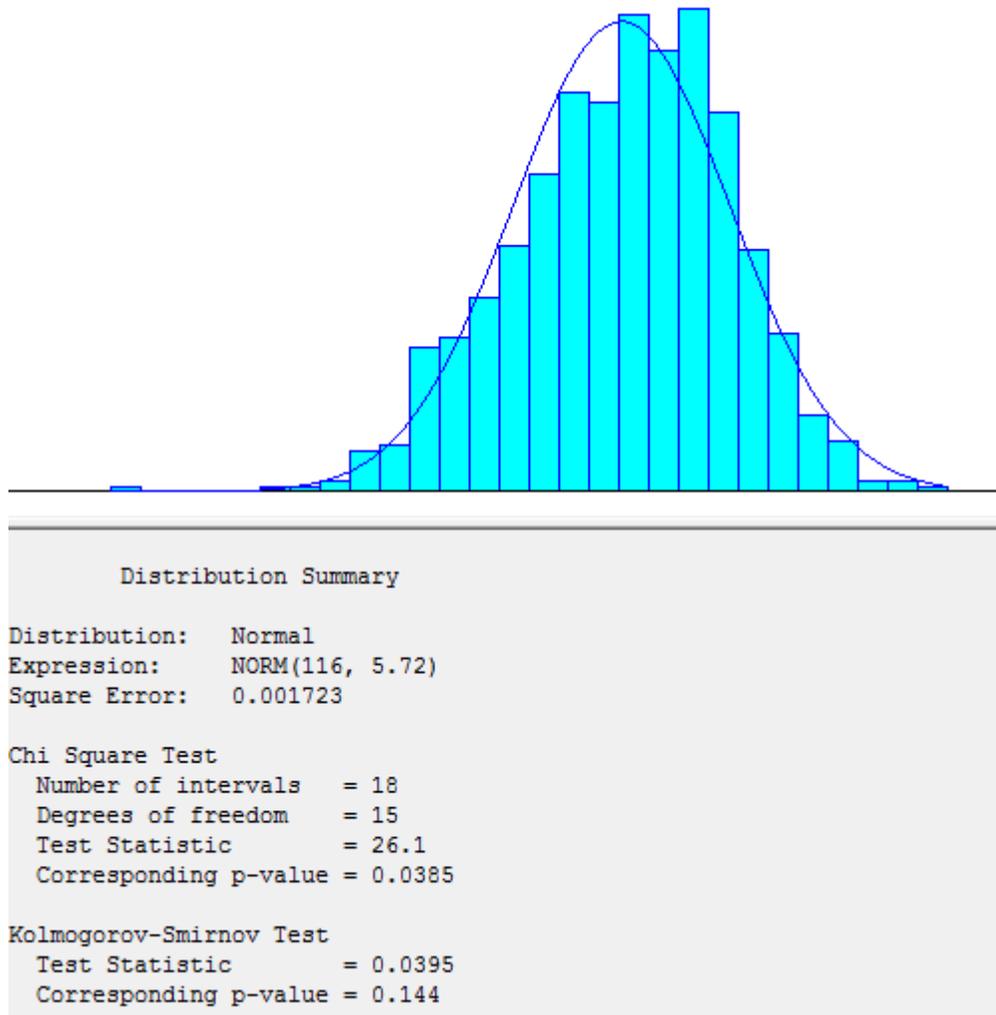


Gráfico 68: Resumen estadístico para la medida agarre vertical sentad, mujeres y hombres. Realizado por los autores

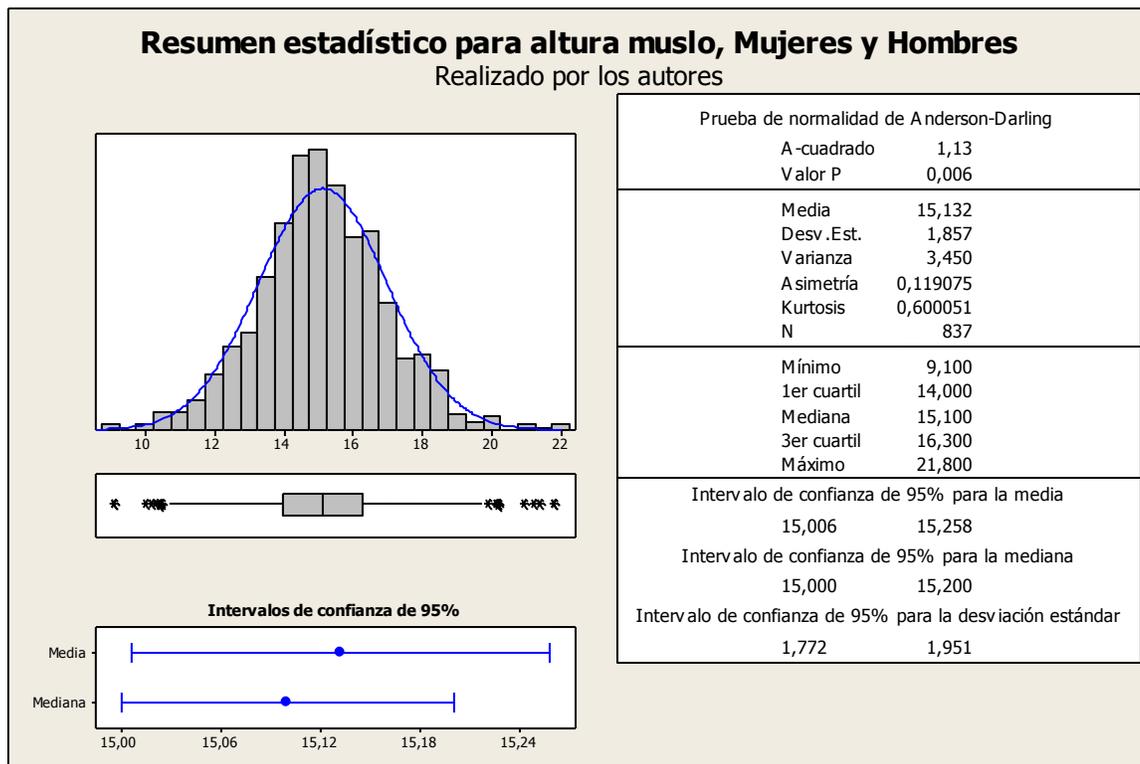
Se puede observar que existen puntos atípicos en ambos extremos de los datos, esto se puede ver en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 68. Además, se puede observar que la media y la mediana son 115,86 y 116,2, respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 5,72. Para comprobar la normalidad de los datos se realiza la prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:



*Gráfico 69: Prueba de normalidad KS para la medida agarre vertical sentado, mujeres y hombres. Realizado por los autores.*

En el Gráfico 69, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p$  es 0,144 lo que muestra que los datos son normales. Se puede concluir que los datos de la medida agarre vertical sentado combinando las muestras de hombres y mujeres siguen una distribución normal con media 116 y desviación estándar de 5,72.

*Altura muslo*



*Gráfico 70: Resumen estadístico para la medida altura muslo, mujeres y hombres. Realizado por los autores*

Se puede observar que existen puntos atípicos en ambos extremos de los datos, esto se puede ver en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 70. Además, se puede observar que la media y la mediana son 15,132 y 15,1, respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 1,857. Para comprobar la normalidad de los datos se realiza la prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

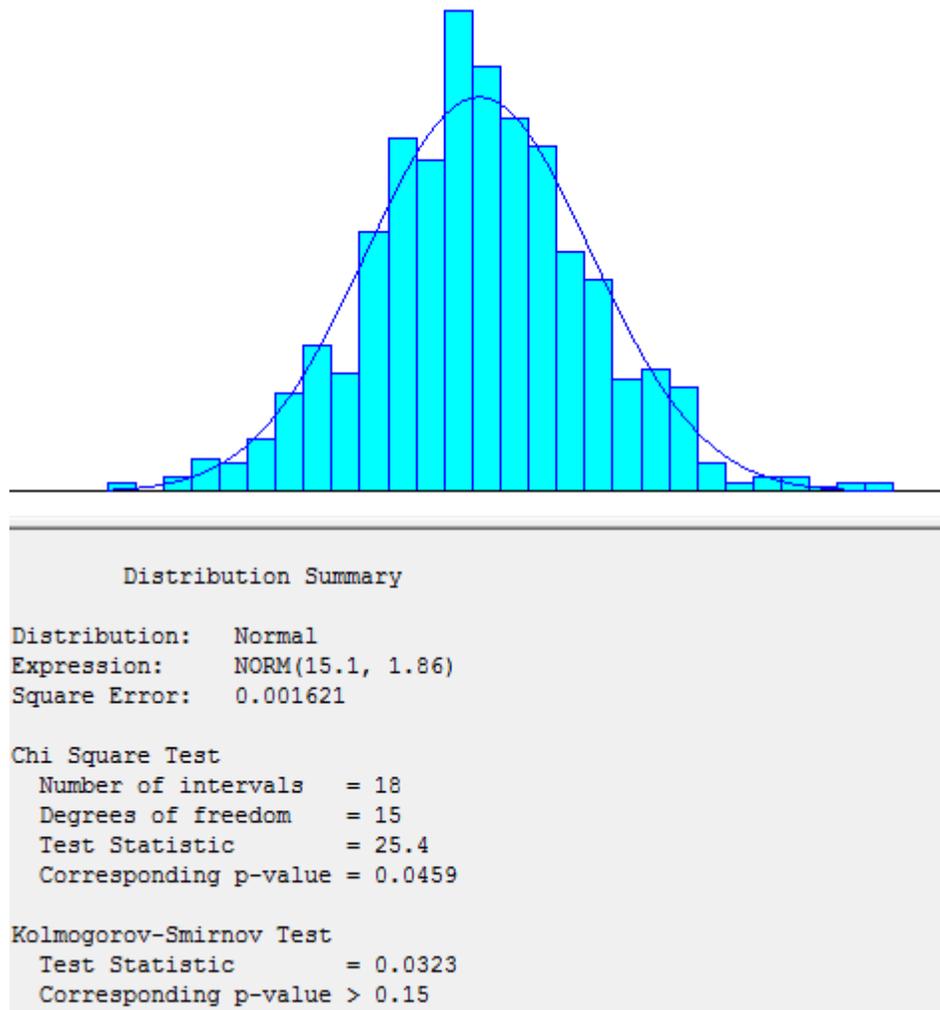
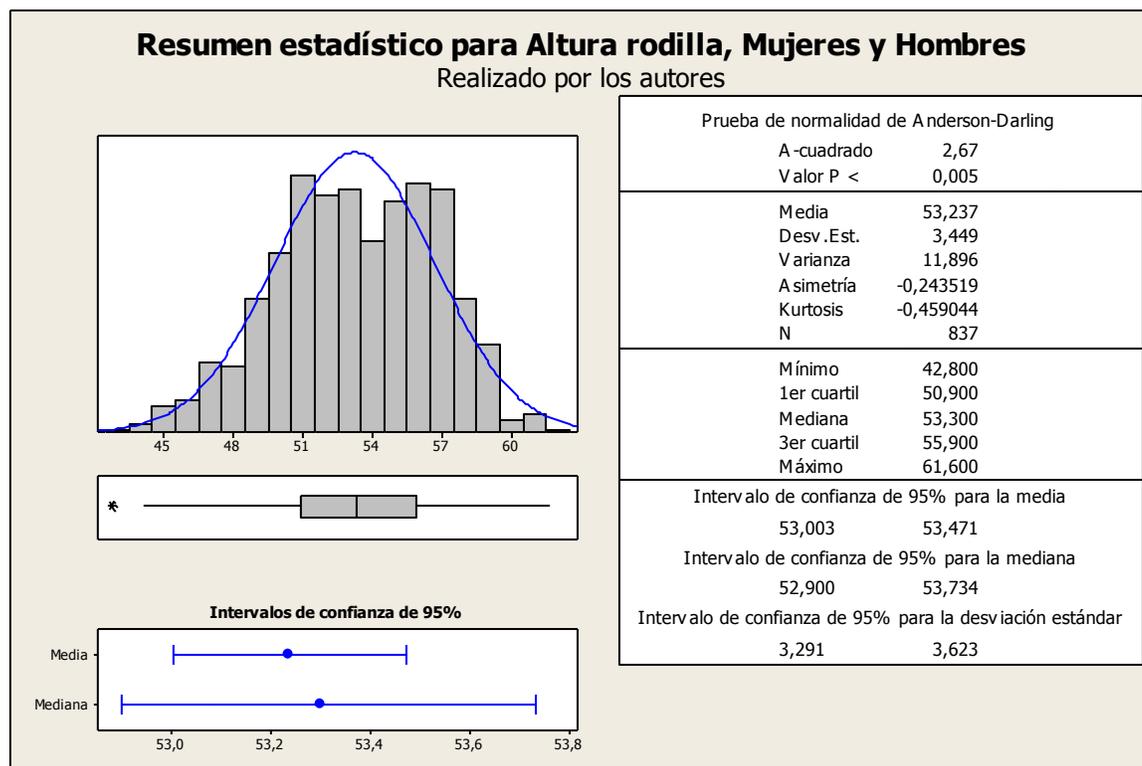


Gráfico 71: Prueba de normalidad KS para la medida altura muslo, mujeres y hombres. Realizado por los autores.

En el Gráfico 71, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p$  es mayor que 0,15 lo que muestra que los datos son normales. Se puede concluir que los datos de la medida altura muslo combinando las muestras de hombres y mujeres siguen una distribución normal con media 15,1 y desviación estándar de 1,86.

*Altura rodilla*



*Gráfico 72: Resumen estadístico para la medida altura rodilla, mujeres y hombres. Realizado por los autores*

Se puede observar que existen puntos atípicos en el extremo izquierdo de los datos, esto se puede ver en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 72. Además, se puede observar que la media y la mediana son 57,237 y 53,3, respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 3,449. Para comprobar la normalidad de los datos se realiza la prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

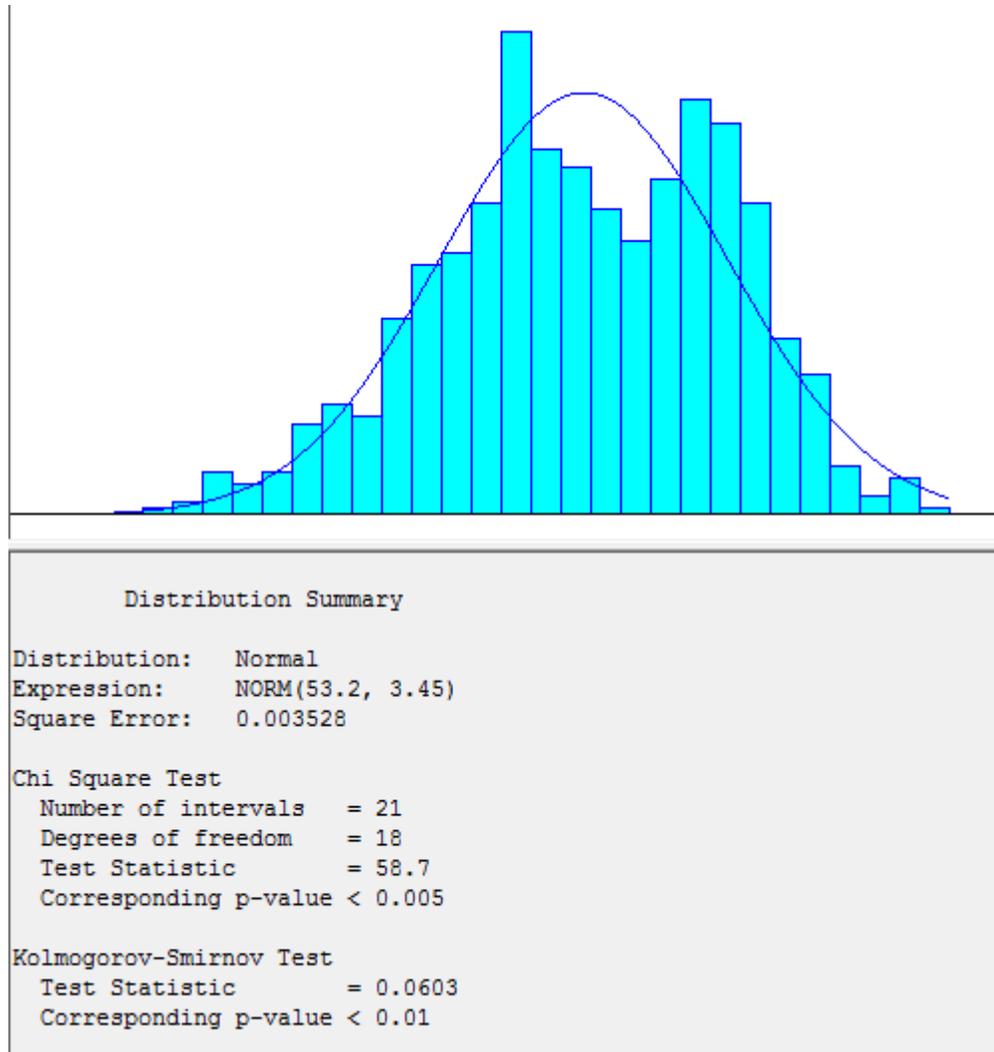


Gráfico 73: Prueba de normalidad KS para la medida altura rodilla, mujeres y hombres. Realizado por los autores.

En el Gráfico 73, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p$  es menor que 0,01 lo que muestra que los datos son no normales. Se puede concluir que los datos de la medida altura rodilla combinando las muestras de hombres y mujeres no siguen una distribución normal.

*Altura poplíteo*

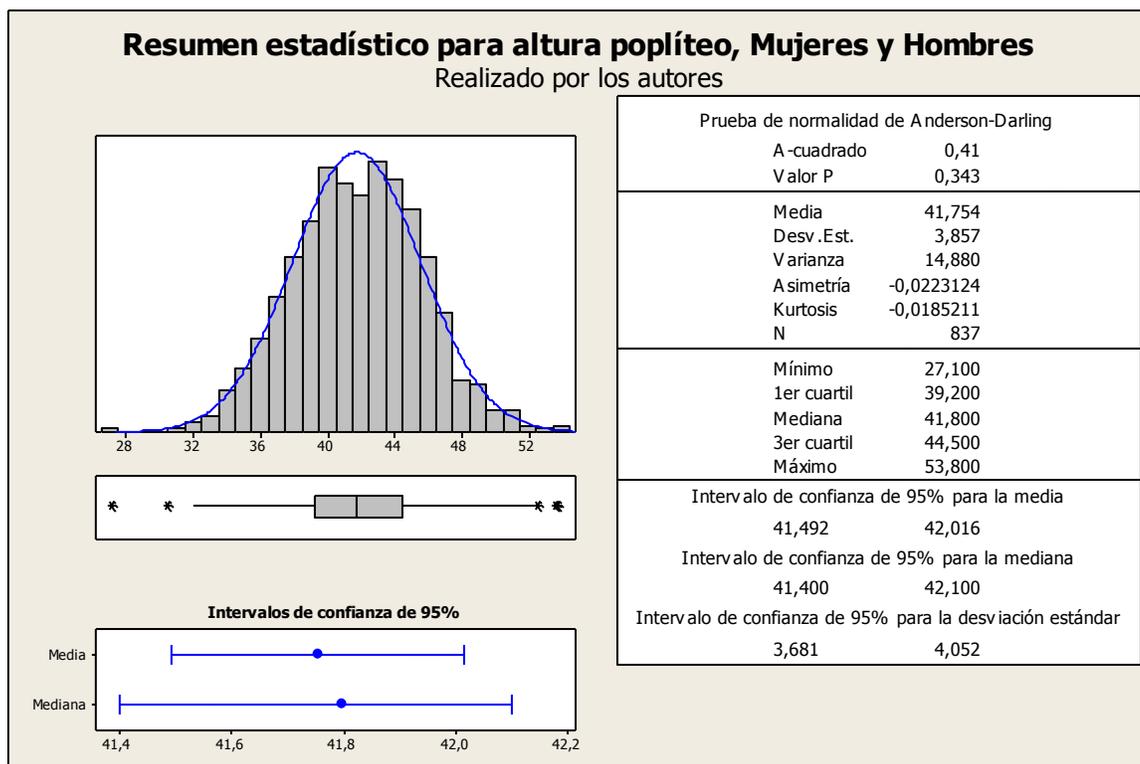
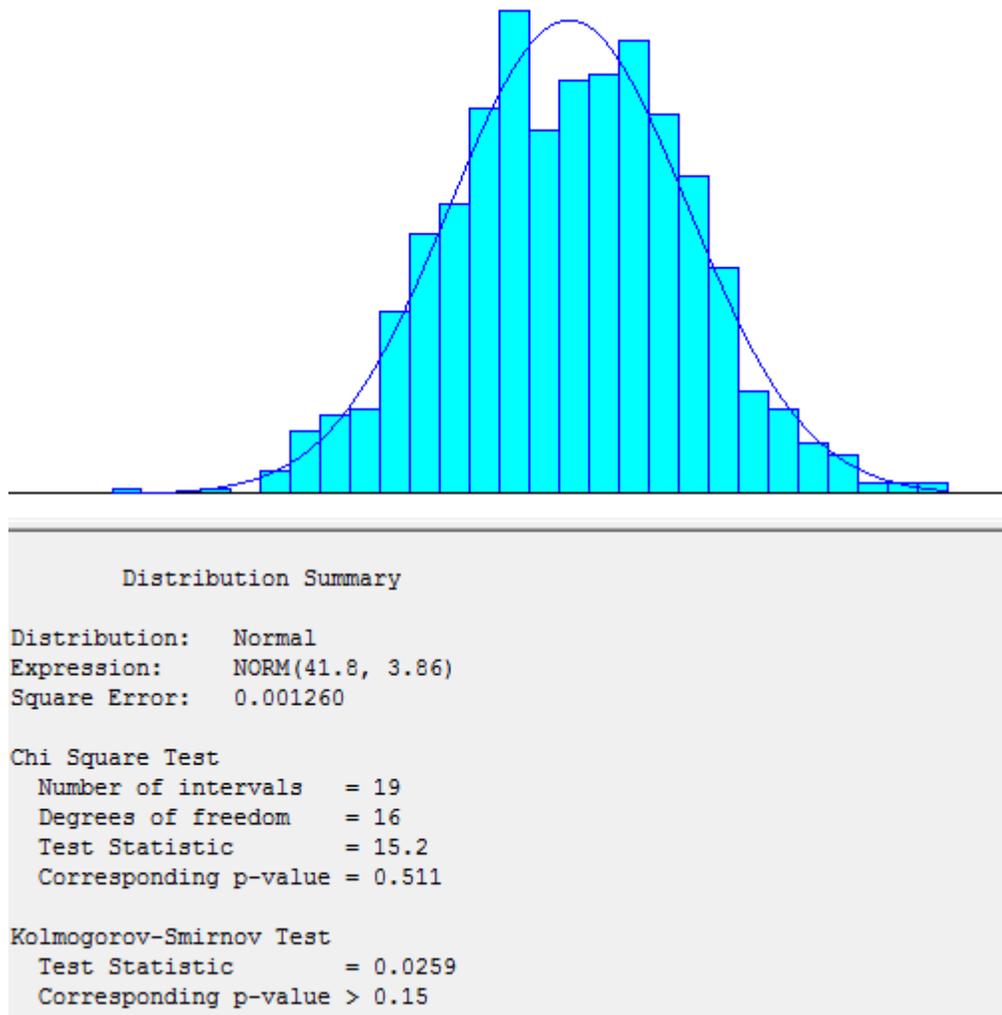


Gráfico 74: Resumen estadístico para la medida altura poplíteo, mujeres y hombres. Realizado por los autores

Se puede observar que existen puntos atípicos en el extremo izquierdo de los datos, esto se puede ver en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 74. Además, se puede observar que la media y la mediana son 41,754 y 41,8, respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 3,857. Aun cuando la prueba de normalidad AD presenta un valor p de 0,343 se realiza la prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:



*Gráfico 75: Prueba de normalidad KS para la medida altura poplíteo, mujeres y hombres. Realizado por los autores.*

En el Gráfico 75, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p$  es mayor que 0,15 lo que muestra que los datos son normales. Se puede concluir que los datos de la medida altura rodilla combinando las muestras de hombres y mujeres siguen una distribución normal con media 41,8 y desviación estándar 3,86.

*Glúteos – rodilla*

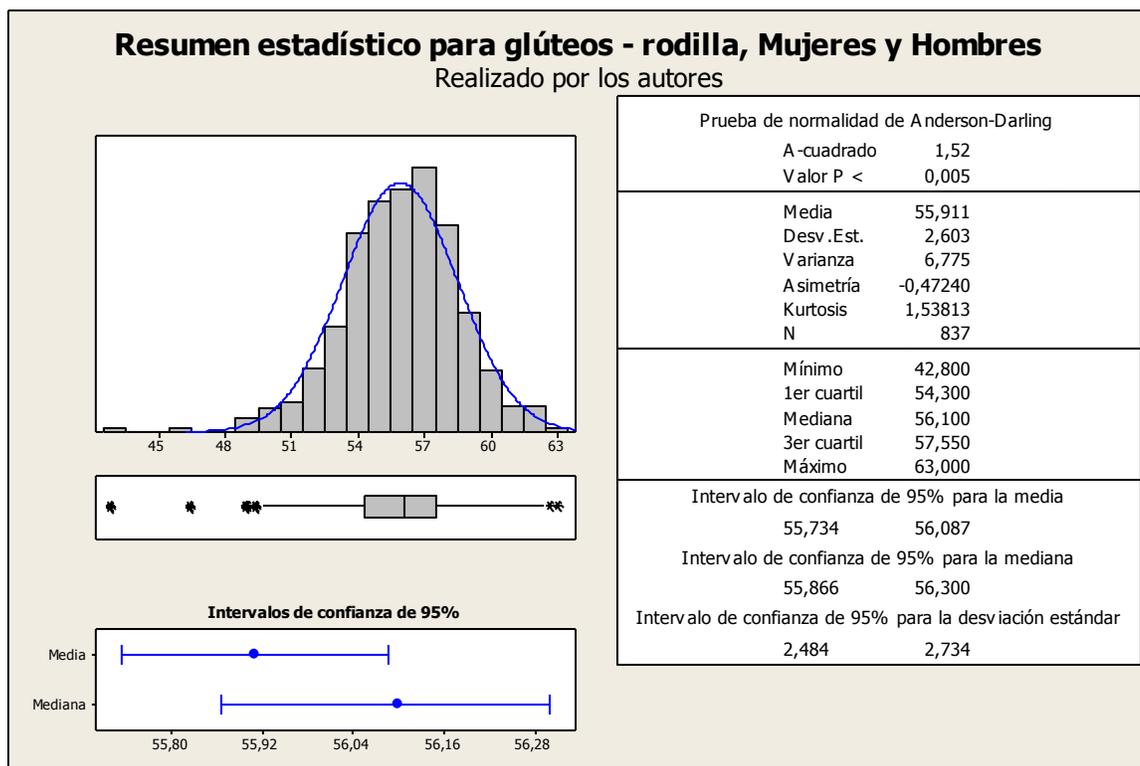


Gráfico 76: Resumen estadístico para la medida glúteos- rodilla, mujeres y hombres. Realizado por los autores

Se puede observar que existen puntos atípicos en los extremos de los datos, esto se puede ver en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 76. Además, se puede observar que la media y la mediana son 55,911 y 56,1, respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 2,603. Para concluir acerca de la normalidad de los datos se realiza la prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

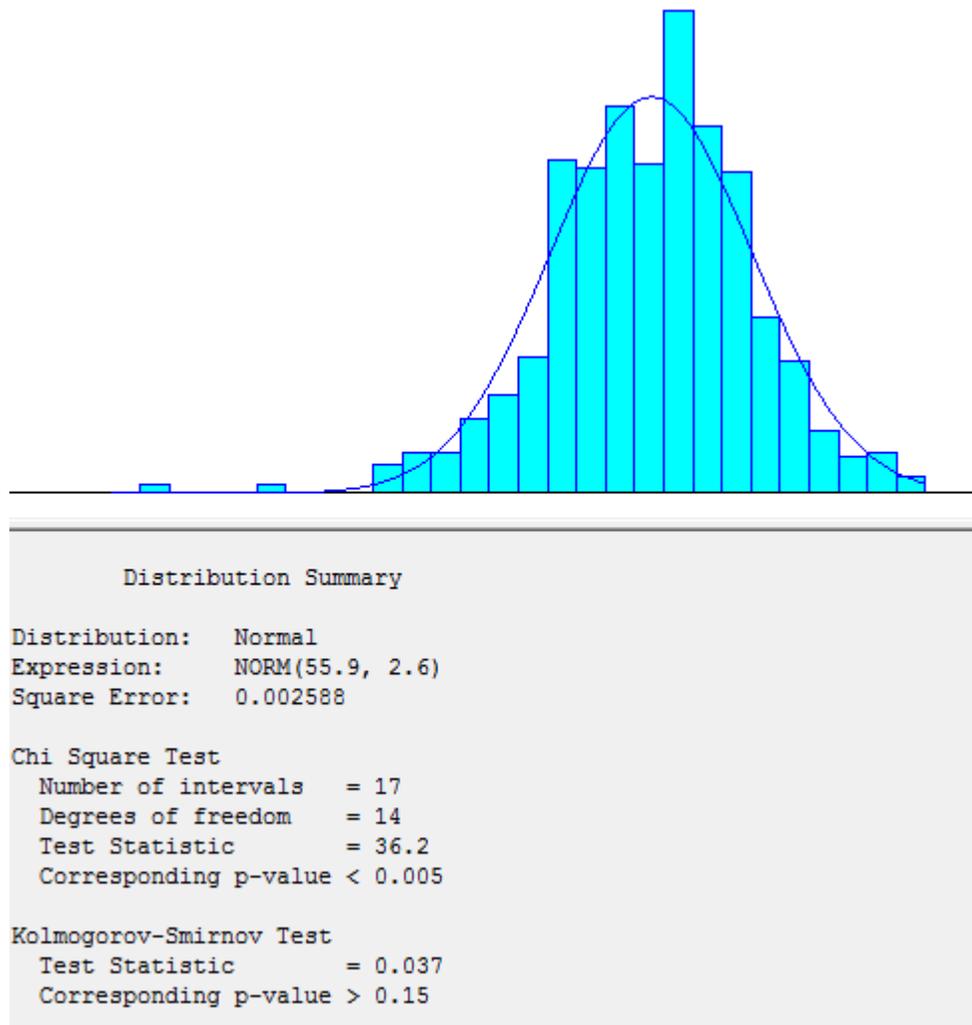
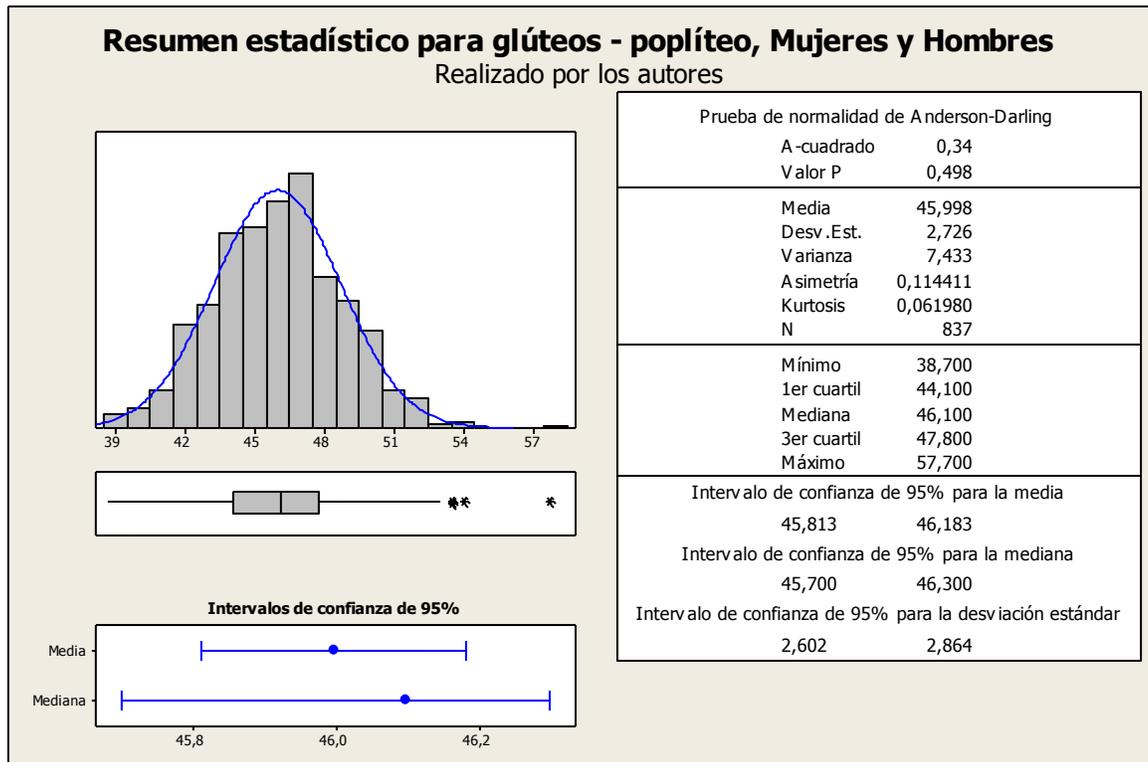


Gráfico 77: Prueba de normalidad KS para la medida glúteos- rodilla, mujeres y hombres. Realizado por los autores.

En el Gráfico 77, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor p es mayor que 0,15 lo que muestra que los datos son normales. Se puede concluir que los datos de la medida glúteos- rodilla combinando las muestras de hombres y mujeres siguen una distribución normal con media 55,9 y desviación estándar 2,6.

*Glúteos – poplíteo*



*Gráfico 78: Resumen estadístico para la medida glúteos- poplíteo, mujeres y hombres. Realizado por los autores*

Se puede observar que existen puntos atípicos en el extremo derecho de los datos, esto se puede ver en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 78. Además, se puede observar que la media y la mediana son 45,998 y 46,1, respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 2,726. Para concluir acerca de la normalidad de los datos se realiza la prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

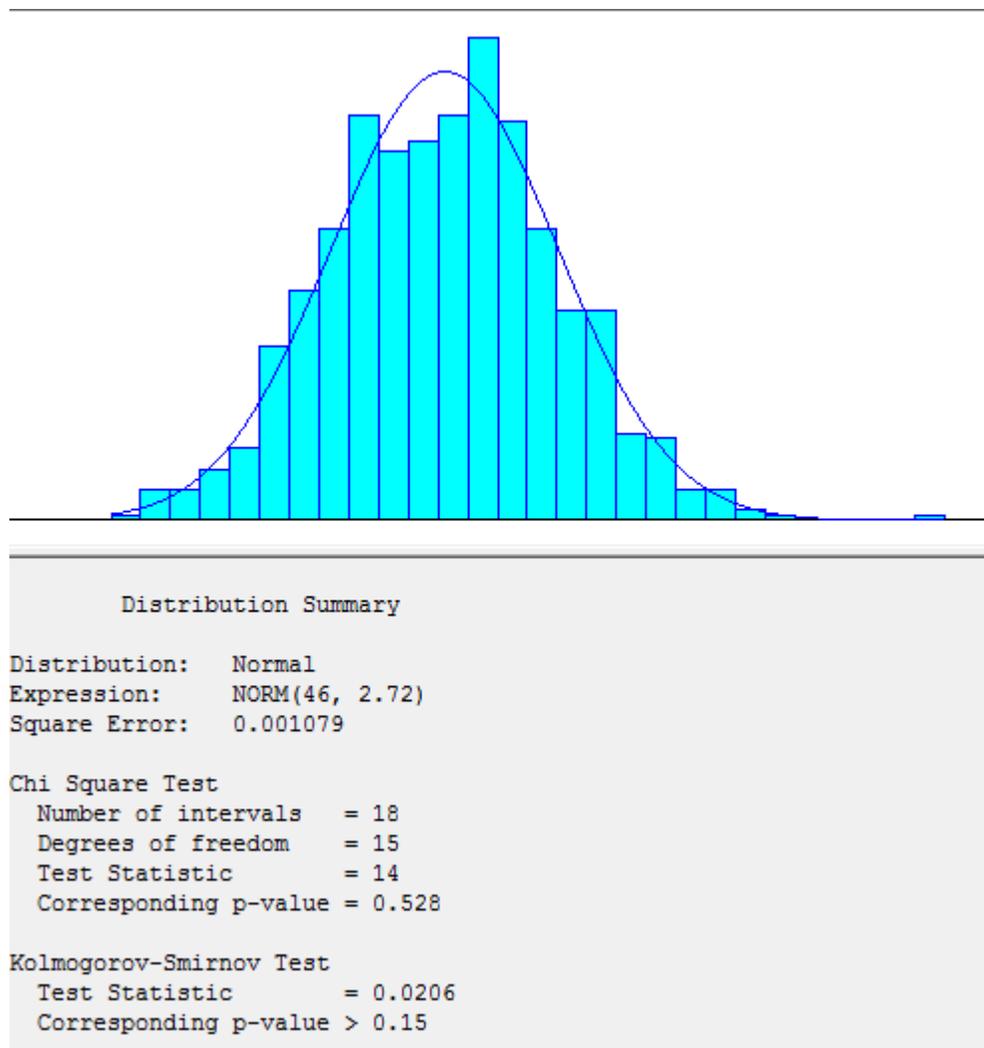
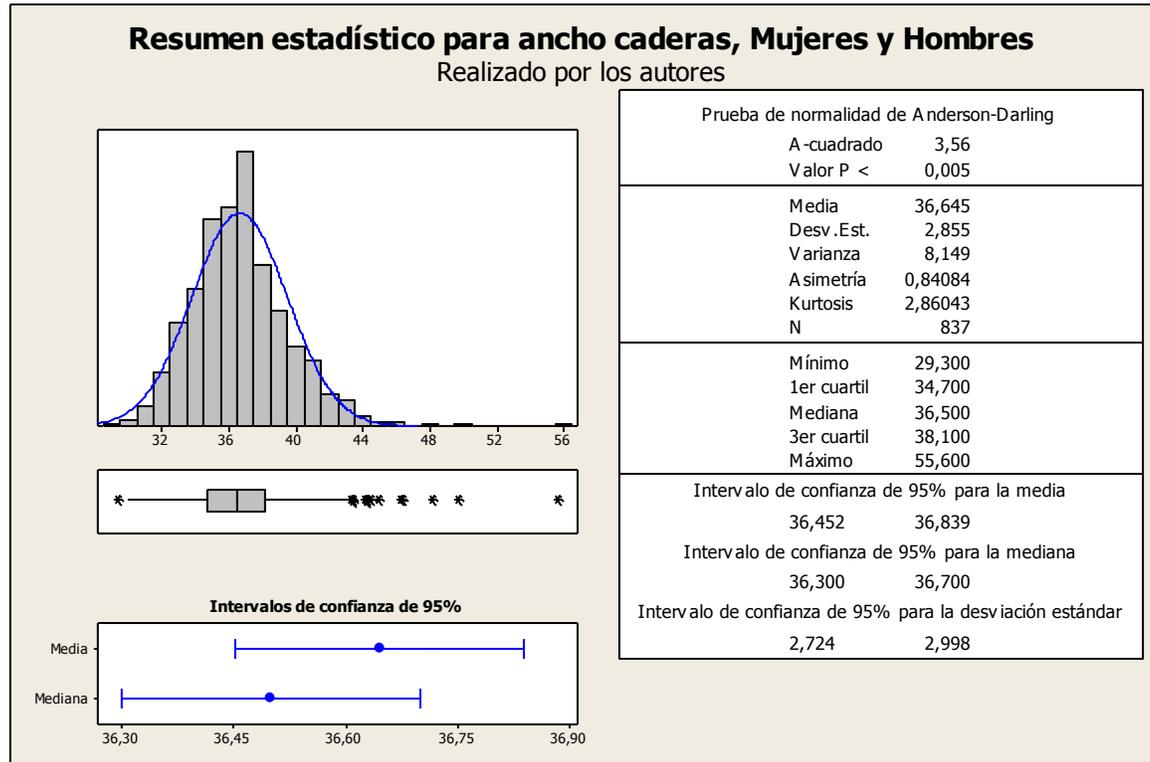


Gráfico 79: Prueba de normalidad KS para la medida glúteos- poplíteo, mujeres y hombres. Realizado por los autores.

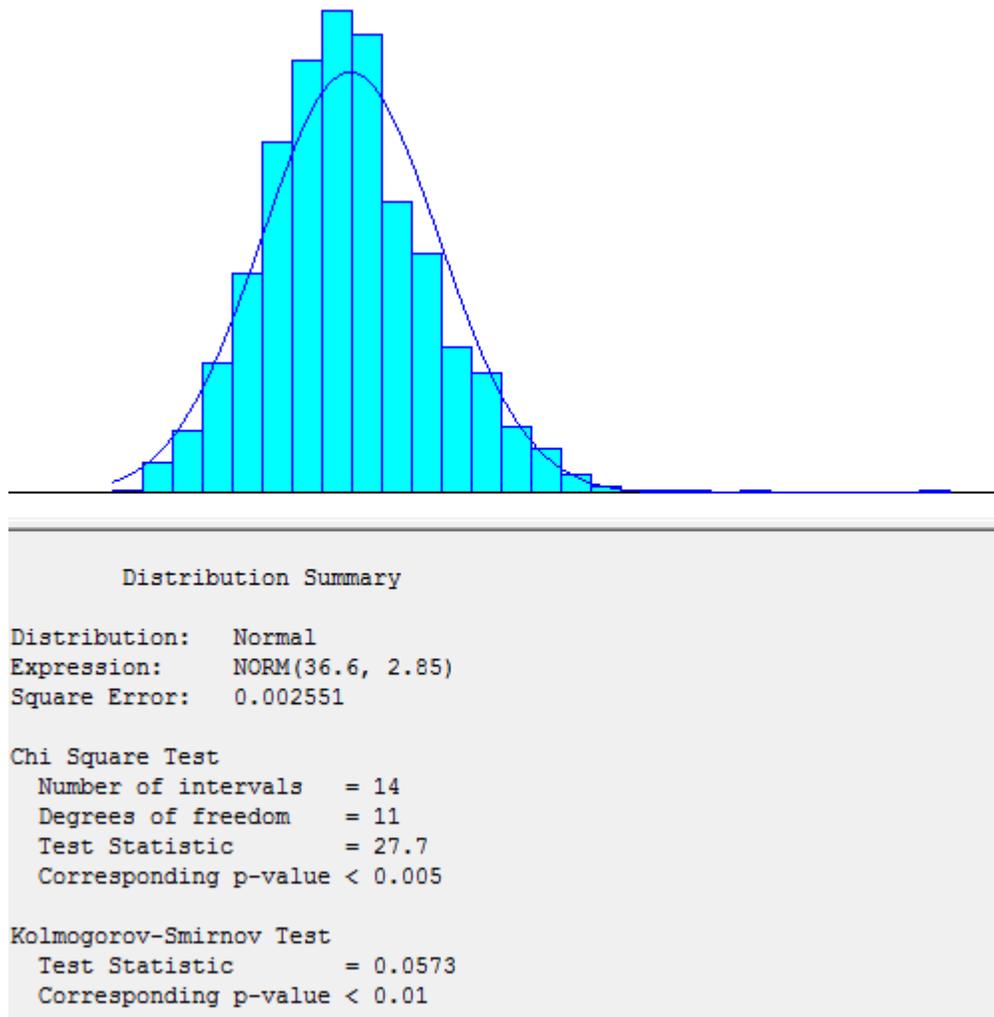
En el Gráfico 79, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p$  es mayor que 0,15 lo que muestra que los datos son normales. Se puede concluir que los datos de la medida glúteos- poplíteo combinando las muestras de hombres y mujeres siguen una distribución normal con media 46 y desviación estándar 2,72.

*Ancho caderas*



*Gráfico 80: Resumen estadístico para la medida ancho caderas, mujeres y hombres. Realizado por los autores*

Se puede observar que existen puntos atípicos en los extremos de los datos, esto se puede ver en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 80. Además, se puede observar que la media y la mediana son 36,645 y 36,5, respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 2,855. Para concluir acerca de la normalidad de los datos se realiza la prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:



*Gráfico 81: Prueba de normalidad KS para la medida ancho caderas, mujeres y hombres. Realizado por los autores.*

En el Gráfico 81, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p$  es menor que 0,01 lo que muestra que los datos no son normales. Se puede concluir que los datos de la medida ancho caderas combinando las muestras de hombres y mujeres no siguen una distribución normal con media 36,6 y desviación estándar 2,85.

## Codo a codo

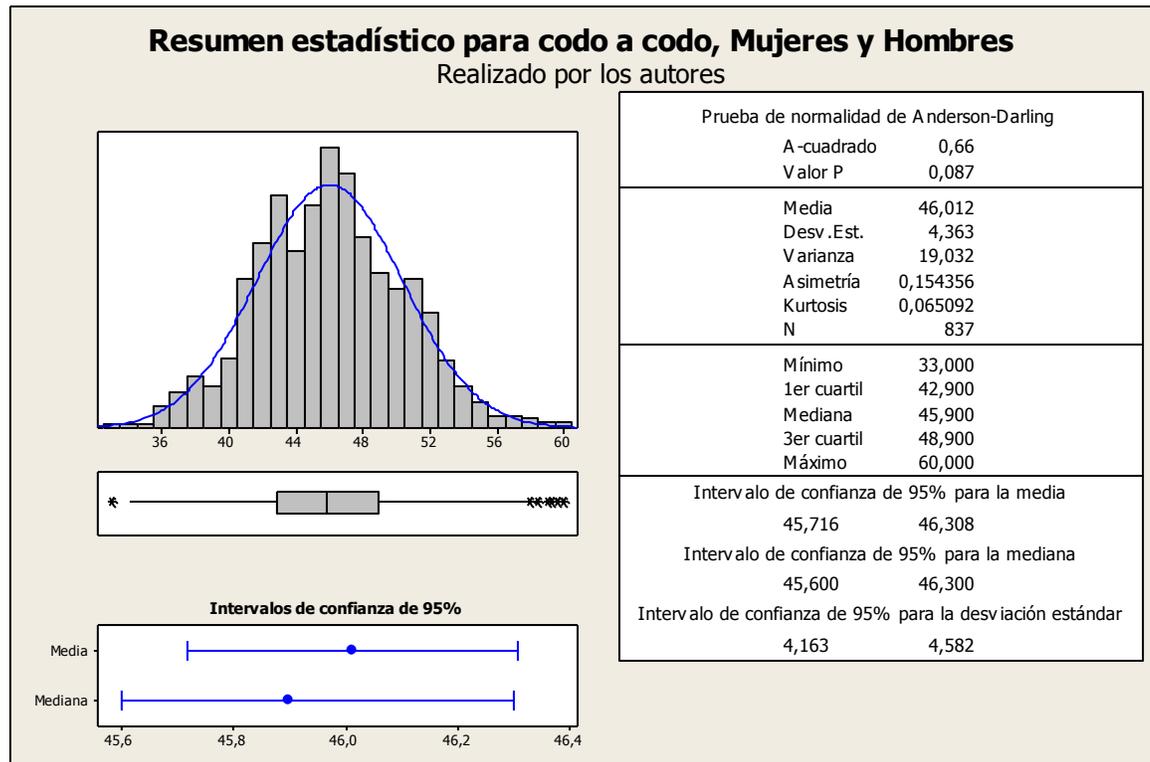


Gráfico 82: Resumen estadístico para la medida ancho codo a codo, mujeres y hombres. Realizado por los autores

Se puede observar que existen puntos atípicos en los extremos de los datos, esto se puede ver en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 82. Además, se puede observar que la media y la mediana son 46,012 y 45,9, respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 4,363. Aun cuando la prueba de normalidad AD tienen un valor p de 0,087 y los datos son normales se realiza la prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

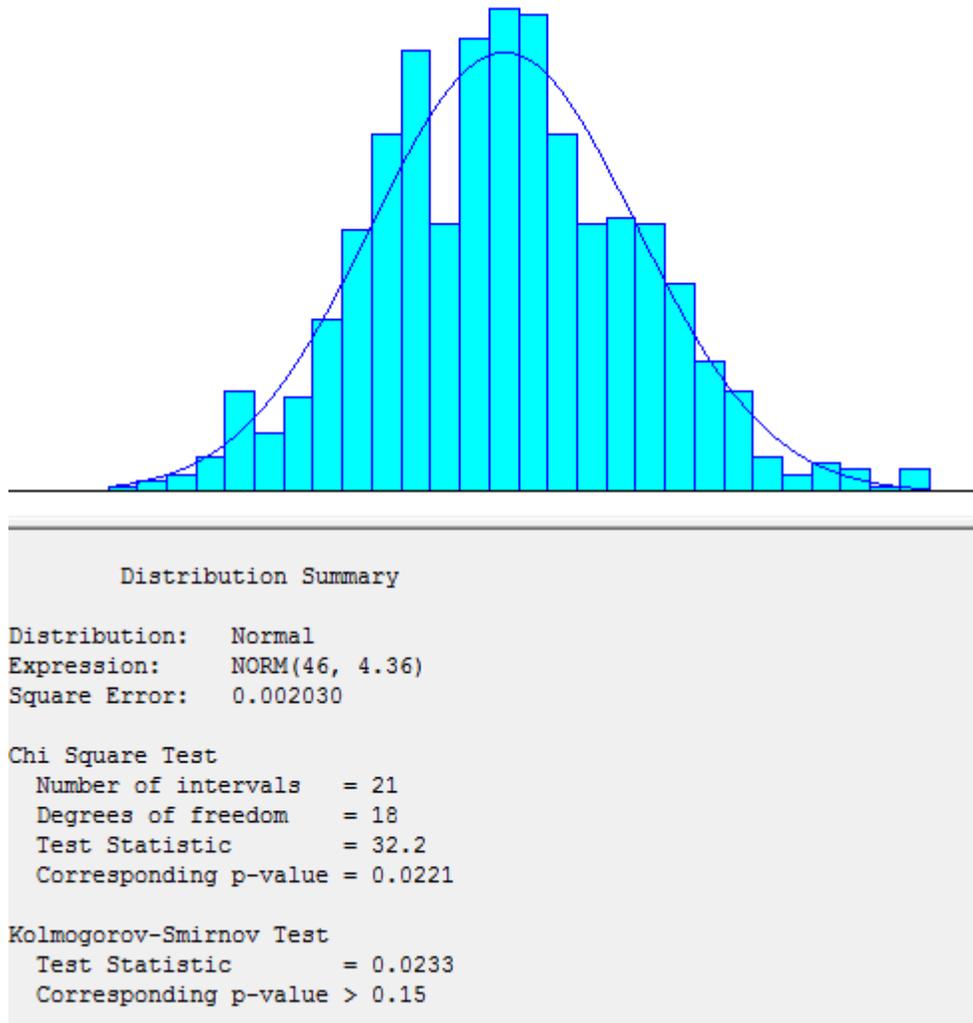


Gráfico 83: Prueba de normalidad KS para la medida ancho codo a codo, mujeres y hombres. Realizado por los autores.

En el Gráfico 83, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor p es mayor que 0,15 lo que muestra que los datos son normales. Se puede concluir que los datos de la medida ancho codo a codo combinando las muestras de hombres y mujeres no siguen una distribución normal con media 46 y desviación estándar 4,36.

## Codo asiento

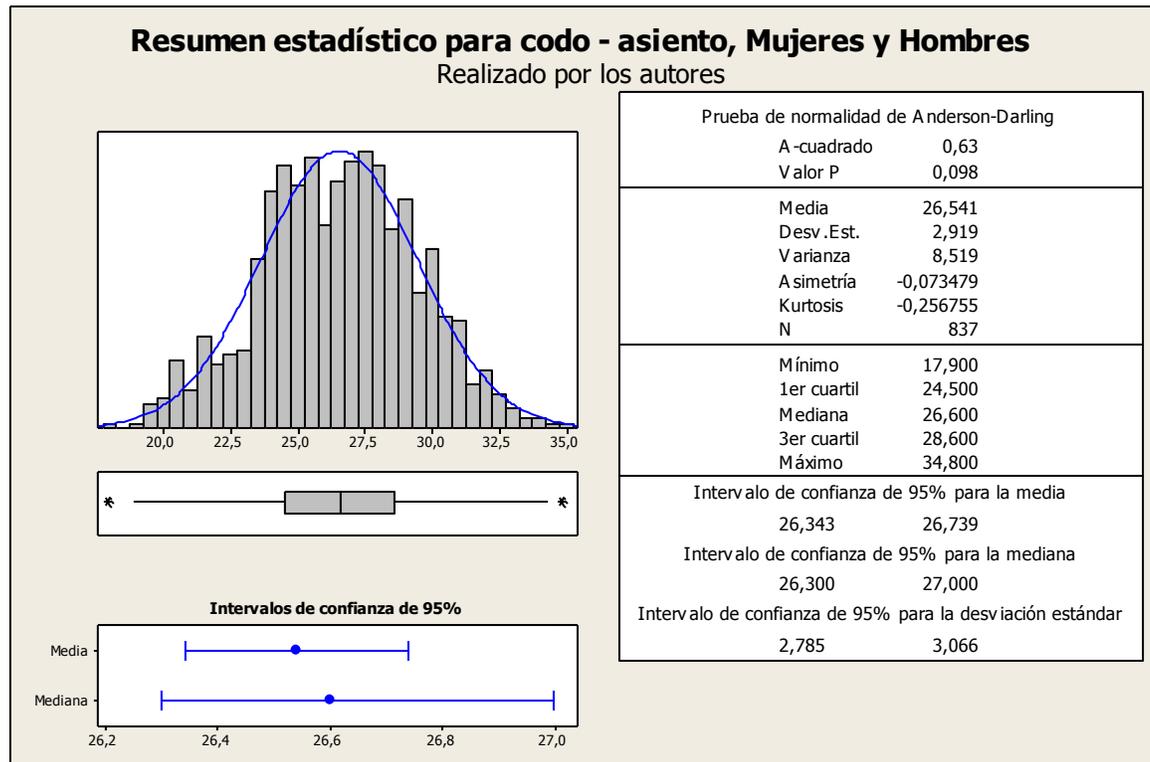


Gráfico 84: Resumen estadístico para la medida altura codo- asiento, mujeres y hombres. Realizado por los autores

Se puede observar que existen puntos atípicos en los extremos de los datos, esto se puede ver en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 84. Además, se puede observar que la media y la mediana son 26,541 y 26,6, respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 2,919. Aun cuando la prueba de normalidad AD tienen un valor p de 0,098 y los datos son normales se realiza la prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

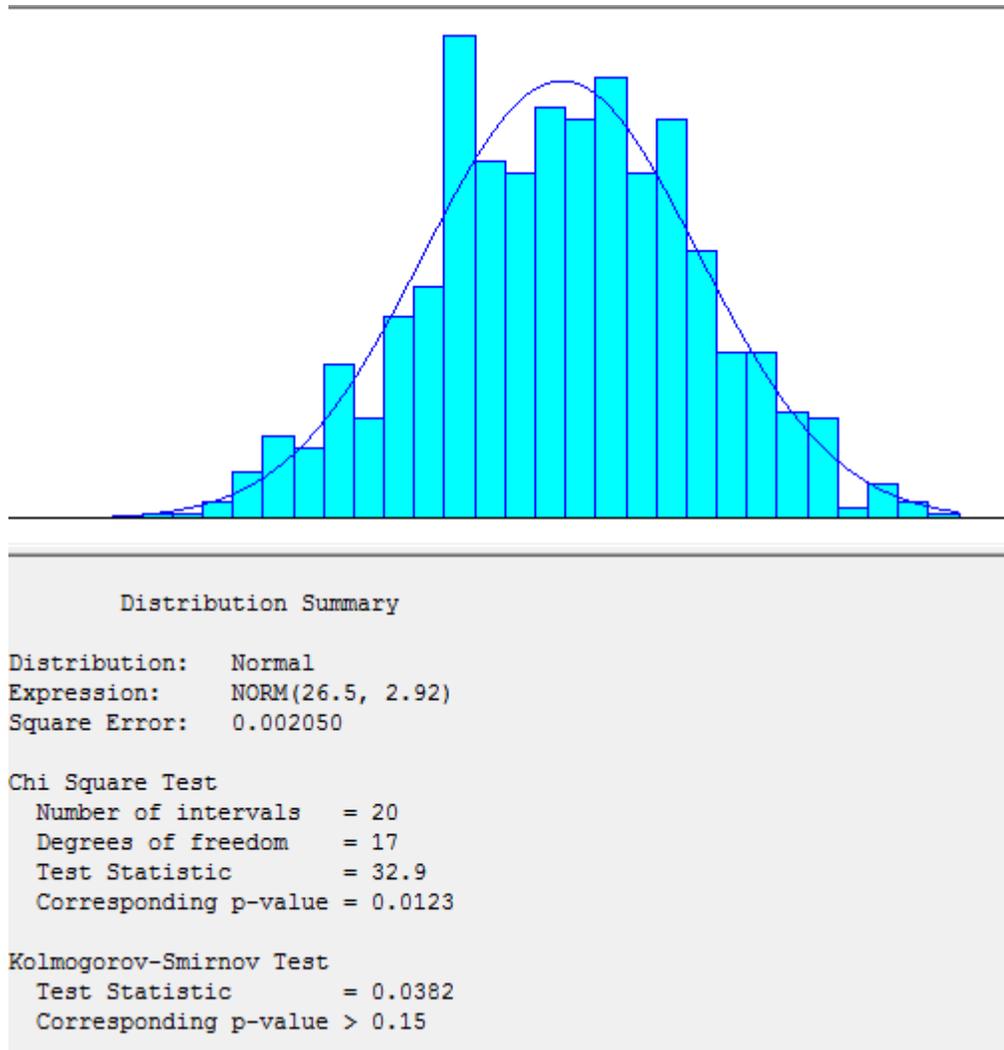


Gráfico 85: Prueba de normalidad KS para la medida altura codo- asiento, mujeres y hombres. Realizado por los autores.

En el Gráfico 85, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p$  es mayor que 0,15 lo que muestra que los datos son normales. Se puede concluir que los datos de la medida altura codo asiento combinando las muestras de hombres y mujeres siguen una distribución normal con media 26,5 y desviación estándar 2,92.

## Estatura

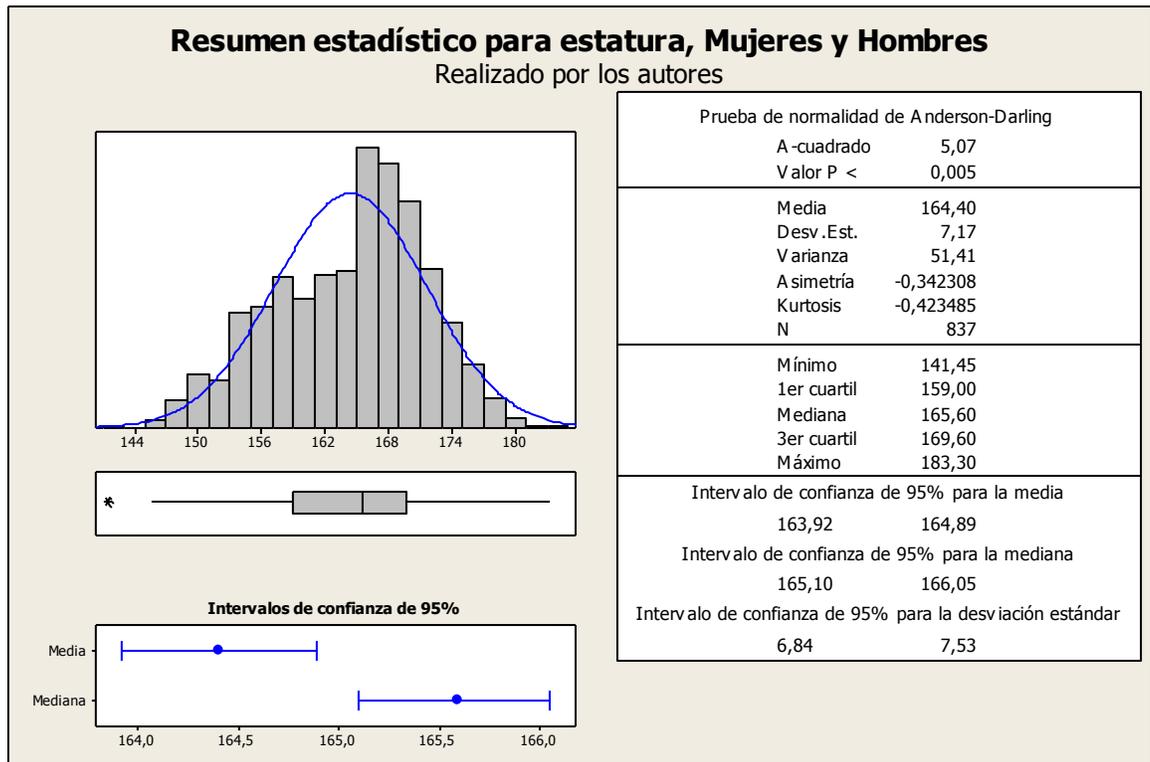
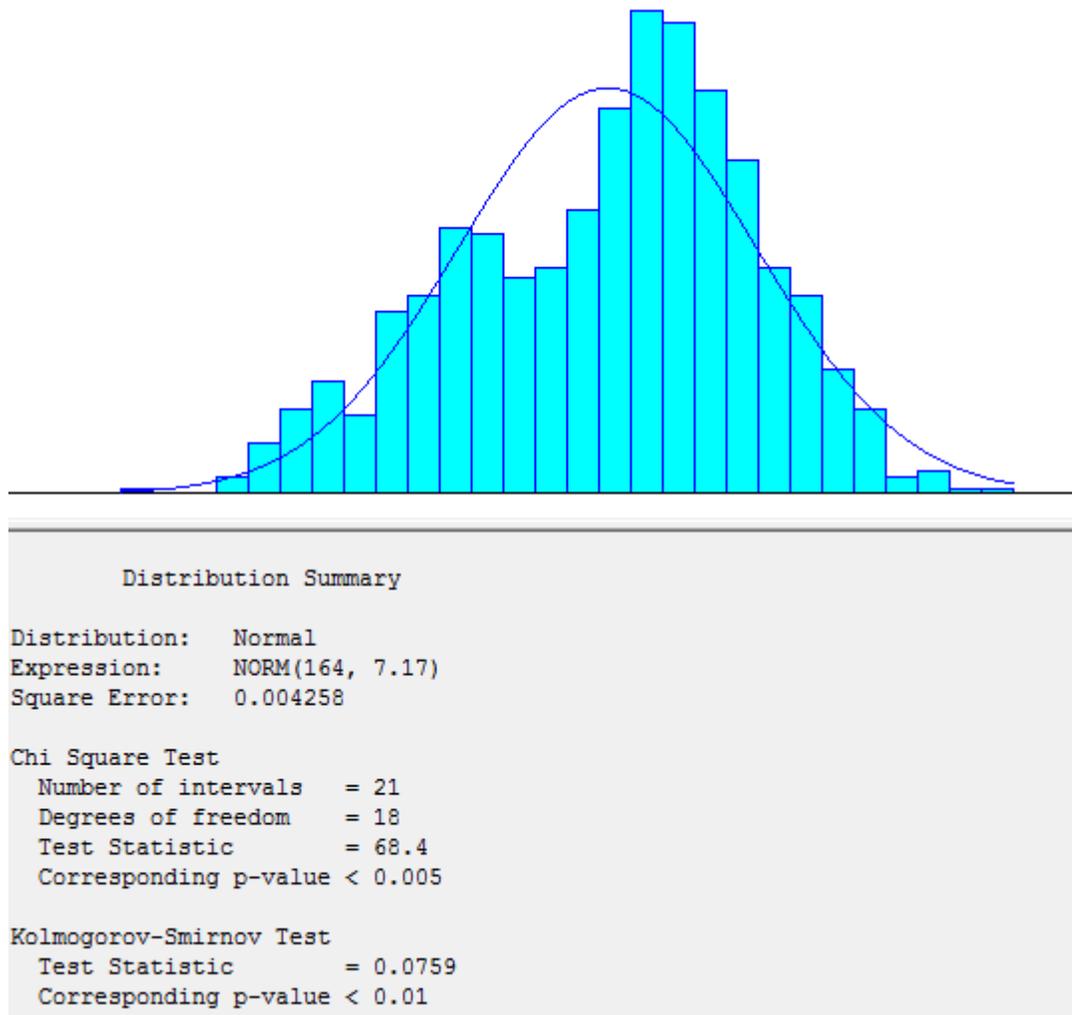


Gráfico 86: Resumen estadístico para la medida estatura, mujeres y hombres. Realizado por los autores

Se puede observar que existen puntos atípicos en el extremo izquierdo de los datos, esto se puede ver en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 86. Además, se puede observar que la media y la mediana son 164,4 y 165,6, respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 7,17. Para comprobar la normalidad de los datos se realiza la prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:



*Gráfico 87: Prueba de normalidad KS para la medida estatura, mujeres y hombres. Realizado por los autores.*

En el Gráfico 87, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p$  es menor que 0,01 lo que muestra que los datos no son normales. Se puede concluir que los datos de la medida estatura combinando las muestras de hombres y mujeres no siguen una distribución normal.

### Agarre vertical parado

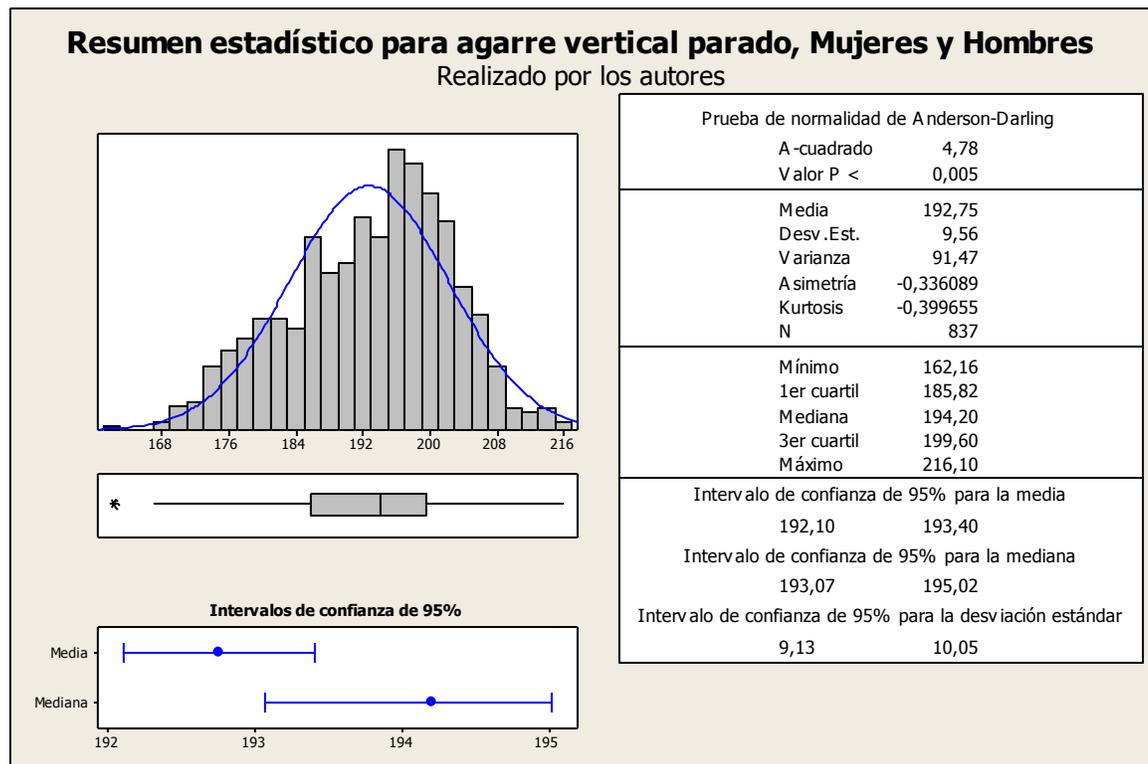


Gráfico 88: Resumen estadístico para la medida agarre vertical parado, mujeres y hombres. Realizado por los autores

Se puede observar que existen puntos atípicos en el extremo izquierdo de los datos, esto se puede ver en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 88. Además, se puede observar que la media y la mediana son 192,75 y 194,20, respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 9,56. Para comprobar la normalidad de los datos se realiza la prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:

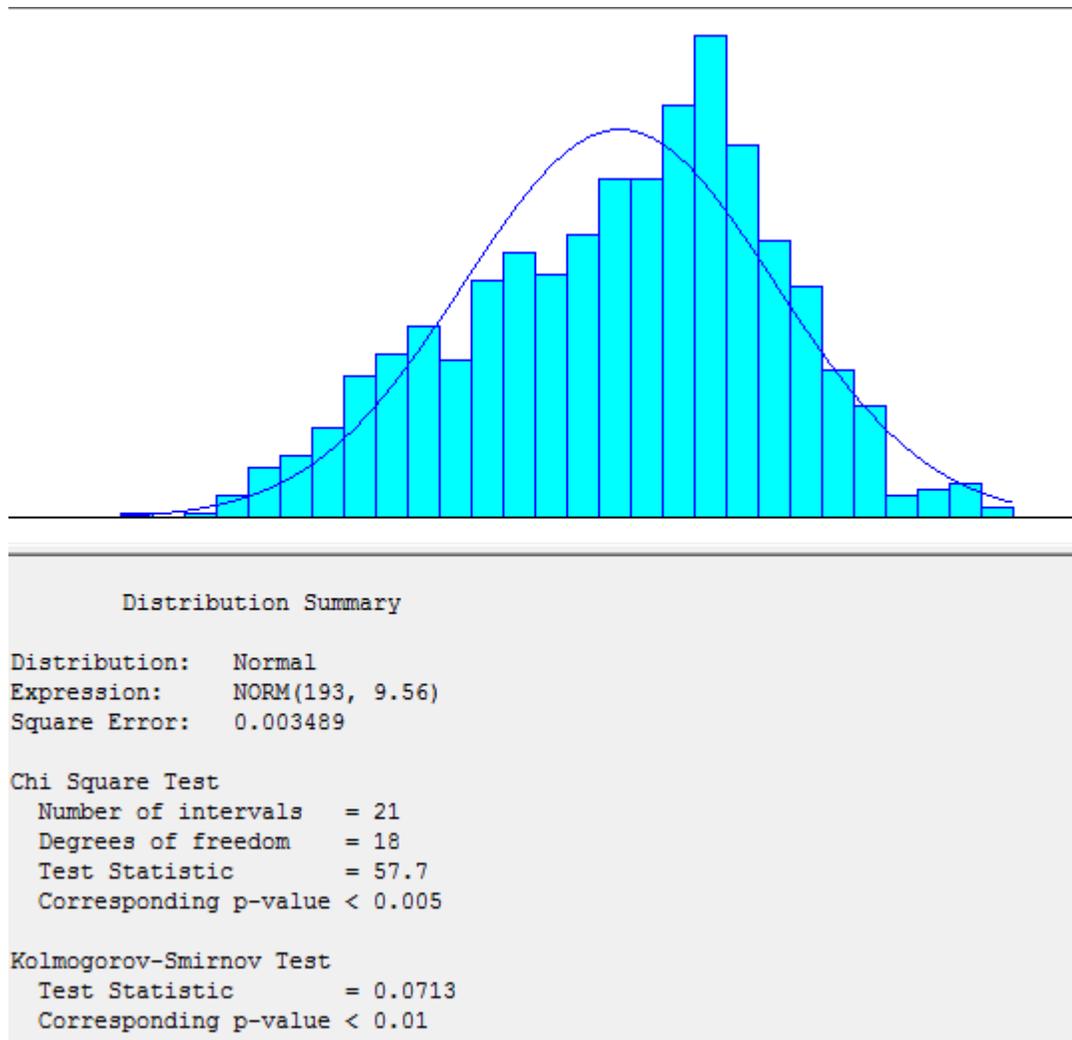


Gráfico 89: Prueba de normalidad KS para la medida agarre vertical parado, mujeres y hombres. Realizado por los autores.

En el Gráfico 89, se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor  $p$  es menor que 0,01 lo que muestra que los datos no son normales. Se puede concluir que los datos de la medida agarre vertical parado combinando las muestras de hombres y mujeres no siguen una distribución normal.

### Agarre horizontal parado

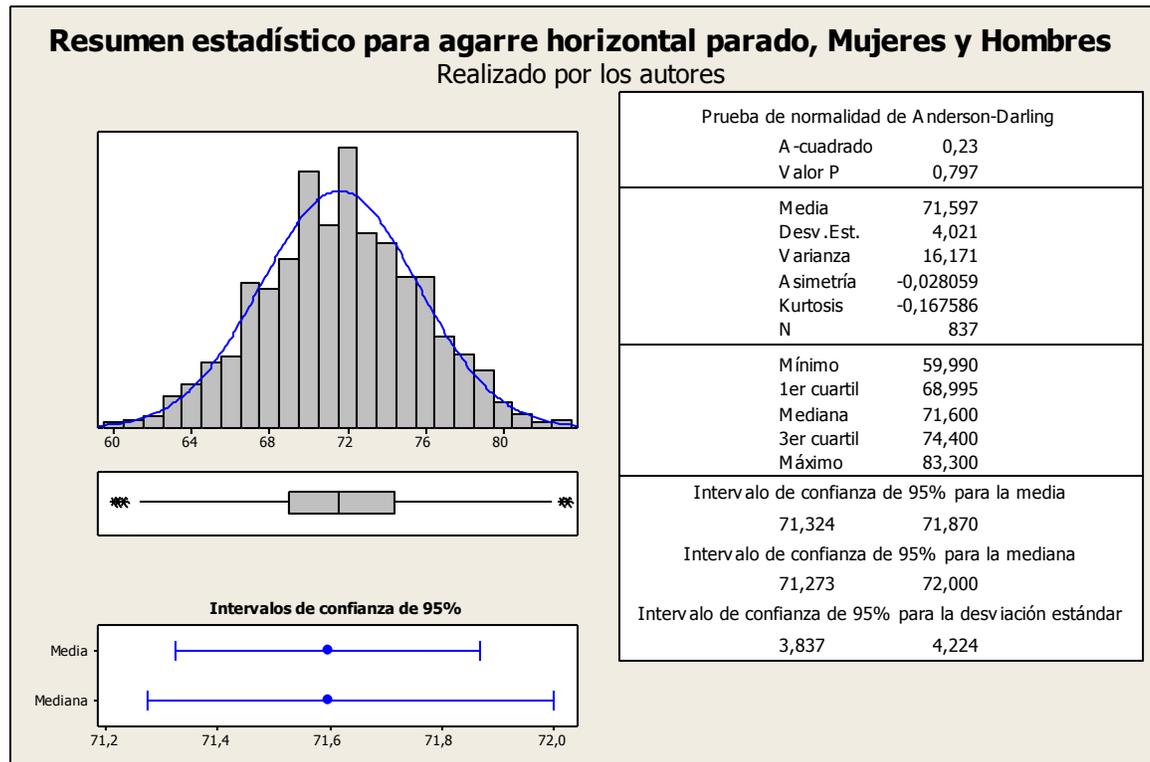
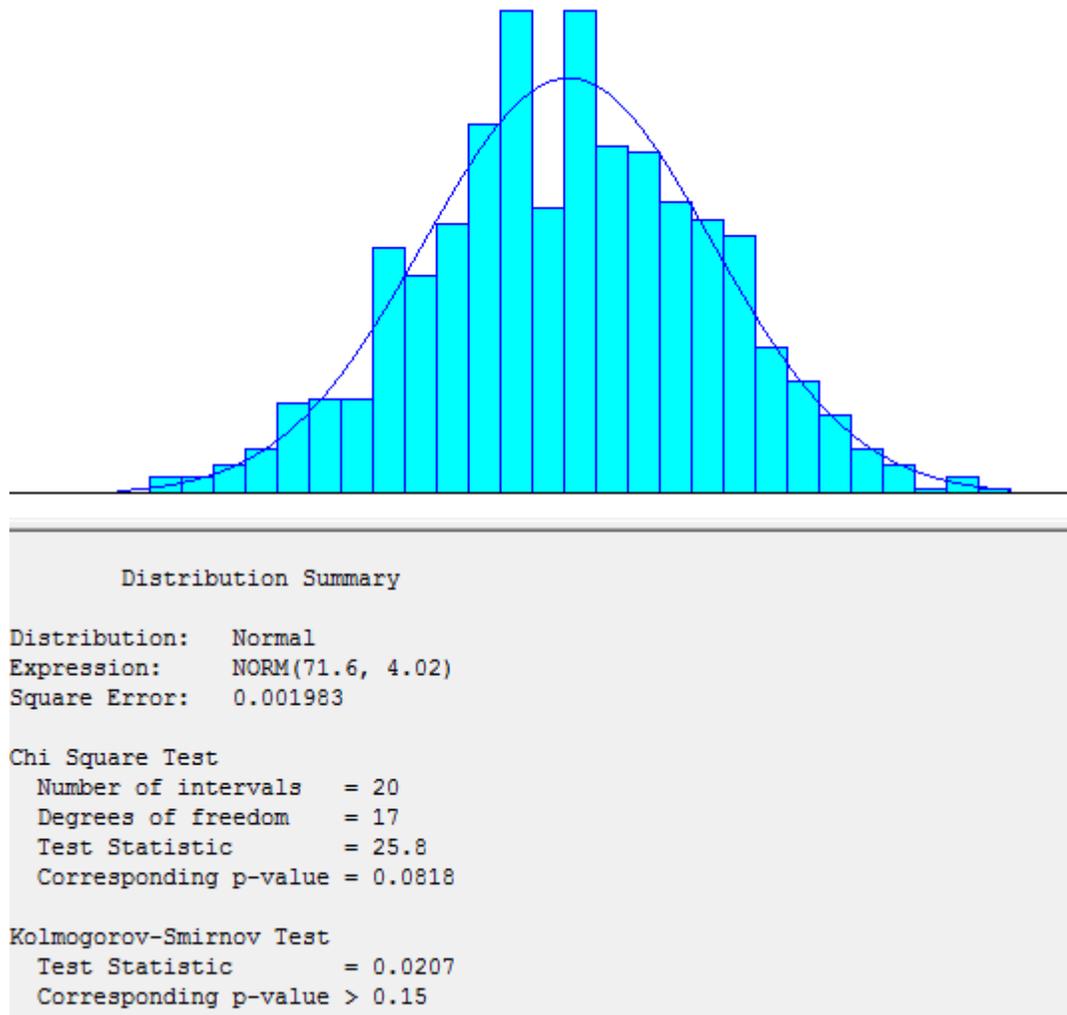


Gráfico 90: Resumen estadístico para la medida agarre horizontal, mujeres y hombres. Realizado por los autores

Se puede observar que existen puntos atípicos en ambos extremos de los datos, esto se puede ver en el diagrama de caja y bigotes del Gráfico 90. Además, se puede observar que la media y la mediana son 71,597 y 71,6, respectivamente. Finalmente, la desviación estándar es de 4,021. Aun cuando la prueba de normalidad AD tiene un valor p DE 0,797 y los datos distribuyen normal se realiza la prueba KS en el software ARENA. Esto se presenta a continuación:



*Gráfico 91: Prueba de normalidad KS para la medida agarre horizontal, mujeres y hombres. Realizado por los autores.*

En el Gráfico 87Gráfico 91 se pueden observar los resultados de la prueba KS, donde el valor p es mayor que 0,15 lo que muestra que los datos son normales. Se puede concluir que los datos de la medida agarre horizontal combinando las muestras de hombres y mujeres siguen una distribución normal.

## Anexo 5

DATOS	Estatura Hombres								
1	150,8	51	164,4	101	165,9	151	167,1	201	168,3
2	155,7	52	164,5	102	165,9	152	167,1	202	168,3
3	156,9	53	164,5	103	166	153	167,1	203	168,3
4	156,9	54	164,5	104	166	154	167,1	204	168,3
5	157,5	55	164,6	105	166	155	167,1	205	168,3
6	157,6	56	164,7	106	166	156	167,2	206	168,4
7	158,5	57	164,7	107	166	157	167,2	207	168,4
8	159,1	58	164,8	108	166	158	167,2	208	168,4
9	159,6	59	164,8	109	166,1	159	167,3	209	168,4
10	160,2	60	164,8	110	166,1	160	167,3	210	168,4
11	160,4	61	164,8	111	166,1	161	167,3	211	168,5
12	160,9	62	164,8	112	166,1	162	167,3	212	168,5
13	161,4	63	164,9	113	166,1	163	167,4	213	168,5
14	161,4	64	164,9	114	166,1	164	167,4	214	168,5
15	161,5	65	165	115	166,1	165	167,4	215	168,5
16	161,5	66	165	116	166,1	166	167,5	216	168,5
17	161,6	67	165	117	166,1	167	167,5	217	168,6
18	161,7	68	165	118	166,2	168	167,5	218	168,6
19	161,8	69	165,1	119	166,2	169	167,5	219	168,6
20	162,2	70	165,1	120	166,2	170	167,5	220	168,6
21	162,5	71	165,1	121	166,2	171	167,6	221	168,6
22	162,5	72	165,1	122	166,2	172	167,6	222	168,7
23	162,6	73	165,1	123	166,2	173	167,6	223	168,7
24	162,7	74	165,1	124	166,3	174	167,6	224	168,8
25	162,8	75	165,1	125	166,4	175	167,6	225	168,8
26	162,8	76	165,1	126	166,4	176	167,6	226	168,8
27	162,9	77	165,2	127	166,5	177	167,6	227	168,9
28	163	78	165,2	128	166,5	178	167,7	228	168,9
29	163,2	79	165,2	129	166,5	179	167,7	229	168,9
30	163,2	80	165,3	130	166,6	180	167,7	230	168,9
31	163,5	81	165,3	131	166,6	181	167,8	231	168,9
32	163,6	82	165,4	132	166,6	182	167,8	232	169
33	163,6	83	165,4	133	166,6	183	167,8	233	169
34	163,7	84	165,4	134	166,6	184	167,8	234	169
35	163,7	85	165,5	135	166,6	185	167,9	235	169
36	163,8	86	165,5	136	166,6	186	167,9	236	169,1
37	163,8	87	165,5	137	166,6	187	167,9	237	169,1
38	163,8	88	165,6	138	166,6	188	168	238	169,2
39	163,9	89	165,6	139	166,6	189	168	239	169,2
40	163,9	90	165,6	140	166,7	190	168	240	169,2
41	164	91	165,6	141	166,7	191	168	241	169,2
42	164,1	92	165,6	142	166,8	192	168	242	169,2
43	164,1	93	165,7	143	166,8	193	168	243	169,2
44	164,1	94	165,7	144	166,8	194	168,1	244	169,3
45	164,1	95	165,7	145	166,9	195	168,1	245	169,4
46	164,1	96	165,7	146	166,9	196	168,1	246	169,4
47	164,2	97	165,7	147	167	197	168,1	247	169,4
48	164,2	98	165,8	148	167	198	168,1	248	169,4
49	164,2	99	165,8	149	167	199	168,2	249	169,4
50	164,3	100	165,8	150	167,1	200	168,3	250	169,4

DATOS	Estatura Hombres								
251	169,5	301	170,5	351	172,1	401	174,4	451	181,7
252	169,5	302	170,6	352	172,1	402	174,4	452	183,3
253	169,5	303	170,6	353	172,1	403	174,4		
254	169,5	304	170,6	354	172,2	404	174,6		
255	169,5	305	170,6	355	172,2	405	174,6		
256	169,5	306	170,6	356	172,2	406	174,6		
257	169,5	307	170,6	357	172,2	407	174,6		
258	169,6	308	170,7	358	172,3	408	174,7		
259	169,6	309	170,7	359	172,4	409	174,7		
260	169,6	310	170,8	360	172,4	410	174,8		
261	169,6	311	170,8	361	172,4	411	174,9		
262	169,6	312	170,8	362	172,5	412	174,9		
263	169,7	313	170,9	363	172,5	413	175,1		
264	169,7	314	170,9	364	172,6	414	175,1		
265	169,7	315	171	365	172,6	415	175,1		
266	169,8	316	171	366	172,6	416	175,2		
267	169,8	317	171,1	367	172,6	417	175,4		
268	169,8	318	171,1	368	172,7	418	175,4		
269	169,8	319	171,1	369	172,8	419	175,5		
270	169,8	320	171,1	370	172,8	420	175,5		
271	169,9	321	171,1	371	172,9	421	175,5		
272	169,9	322	171,2	372	172,9	422	175,6		
273	169,9	323	171,2	373	173	423	175,8		
274	170	324	171,2	374	173	424	175,8		
275	170	325	171,4	375	173,1	425	175,9		
276	170	326	171,4	376	173,2	426	175,9		
277	170	327	171,4	377	173,3	427	175,9		
278	170	328	171,4	378	173,4	428	175,9		
279	170	329	171,4	379	173,4	429	176,1		
280	170,1	330	171,5	380	173,4	430	176,2		
281	170,1	331	171,5	381	173,4	431	176,4		
282	170,1	332	171,5	382	173,5	432	176,4		
283	170,1	333	171,6	383	173,6	433	176,6		
284	170,1	334	171,6	384	173,6	434	176,7		
285	170,2	335	171,6	385	173,7	435	176,8		
286	170,2	336	171,6	386	173,8	436	176,9		
287	170,2	337	171,6	387	173,8	437	177		
288	170,2	338	171,7	388	173,8	438	177,1		
289	170,2	339	171,7	389	173,8	439	177,1		
290	170,2	340	171,8	390	173,9	440	177,1		
291	170,3	341	171,9	391	173,9	441	177,2		
292	170,4	342	172	392	174	442	177,3		
293	170,4	343	172	393	174	443	177,4		
294	170,4	344	172	394	174	444	177,6		
295	170,4	345	172,1	395	174,1	445	178,4		
296	170,4	346	172,1	396	174,1	446	178,5		
297	170,4	347	172,1	397	174,2	447	179,4		
298	170,4	348	172,1	398	174,2	448	179,8		
299	170,4	349	172,1	399	174,2	449	180,3		
300	170,5	350	172,1	400	174,2	450	180,6		

Tabla 28: Datos ordenados de estatura de hombres. Realizado por los autores.

## Anexo 6

A continuación, se muestran los resultados de la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov realizada para la determinación de la normalidad por medida para las poblaciones combinadas en el software INPUT ANALYZER de ARENA.

### Población combinada: 44% mujeres y 56% hombres

*Sentado sin erguirse*

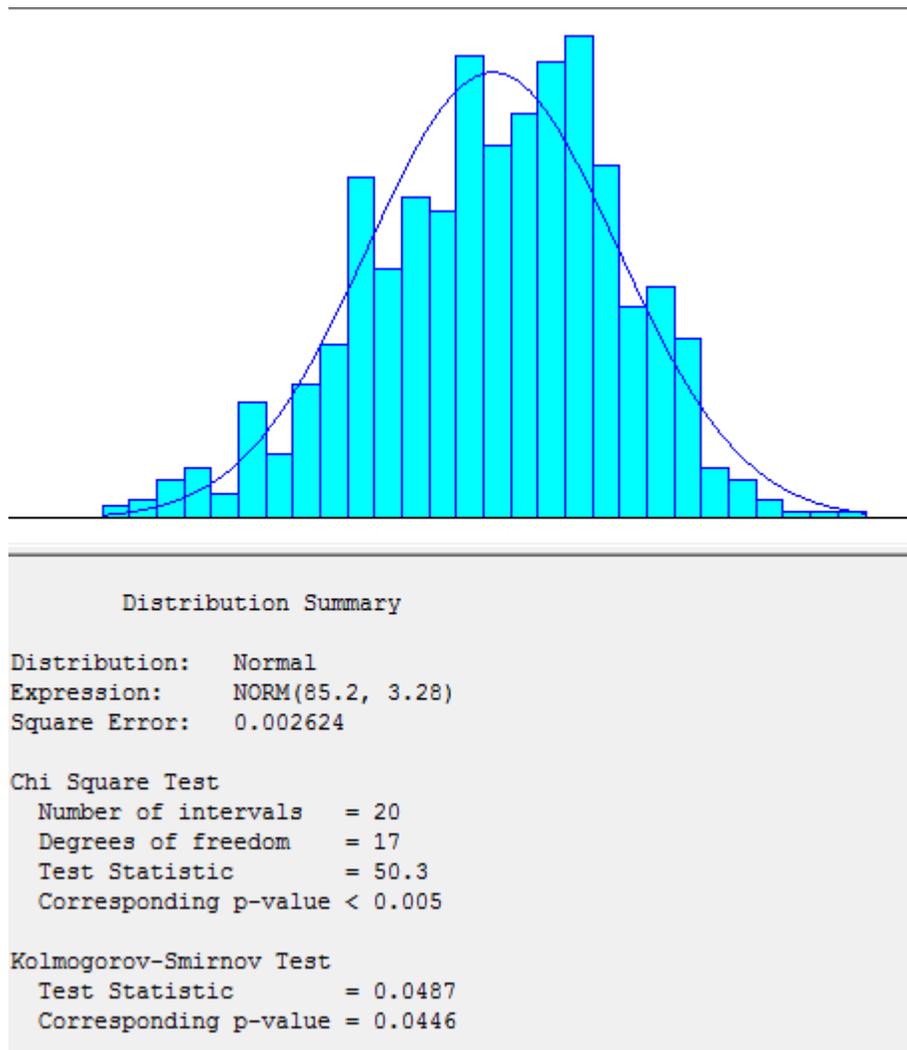


Gráfico 92: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida sentado sin erguirse para la población combinada: 44% mujeres y 56% hombres. Realizado por los autores

Observando el valor p de la prueba Kolmogorov-Smirnov, la medida en cuestión no sigue una distribución normal.

*Sentado erguido*

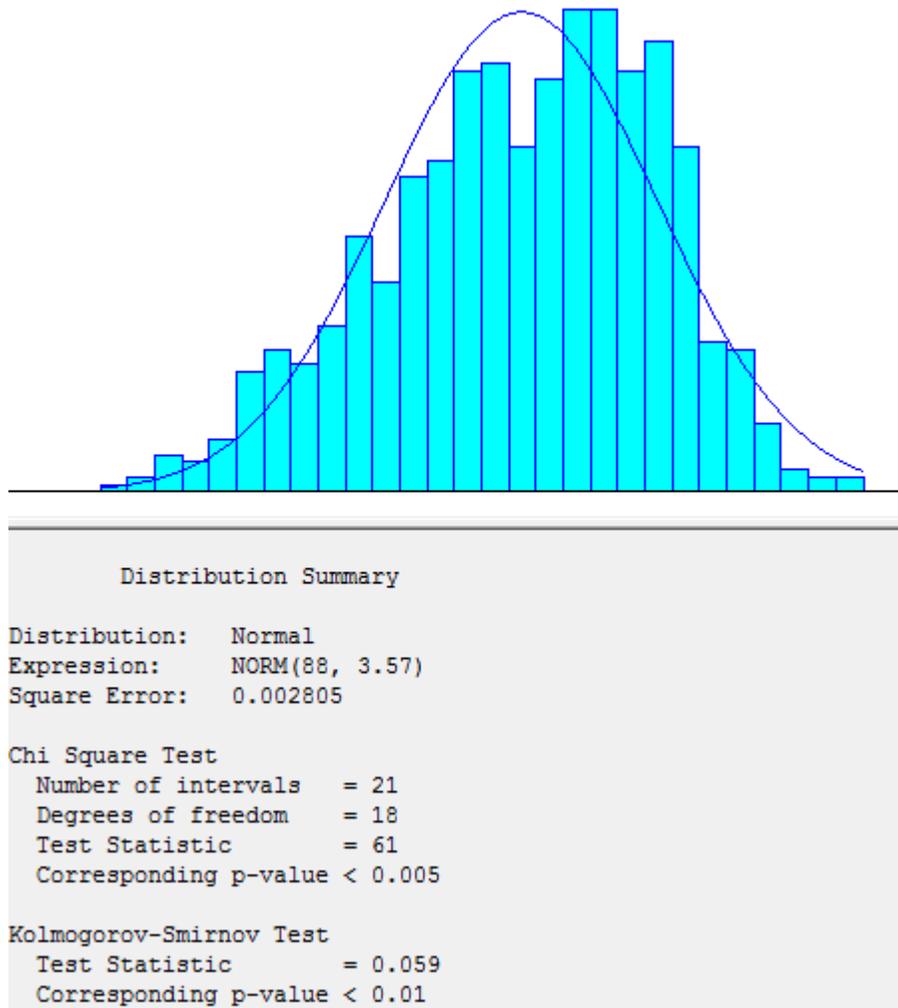
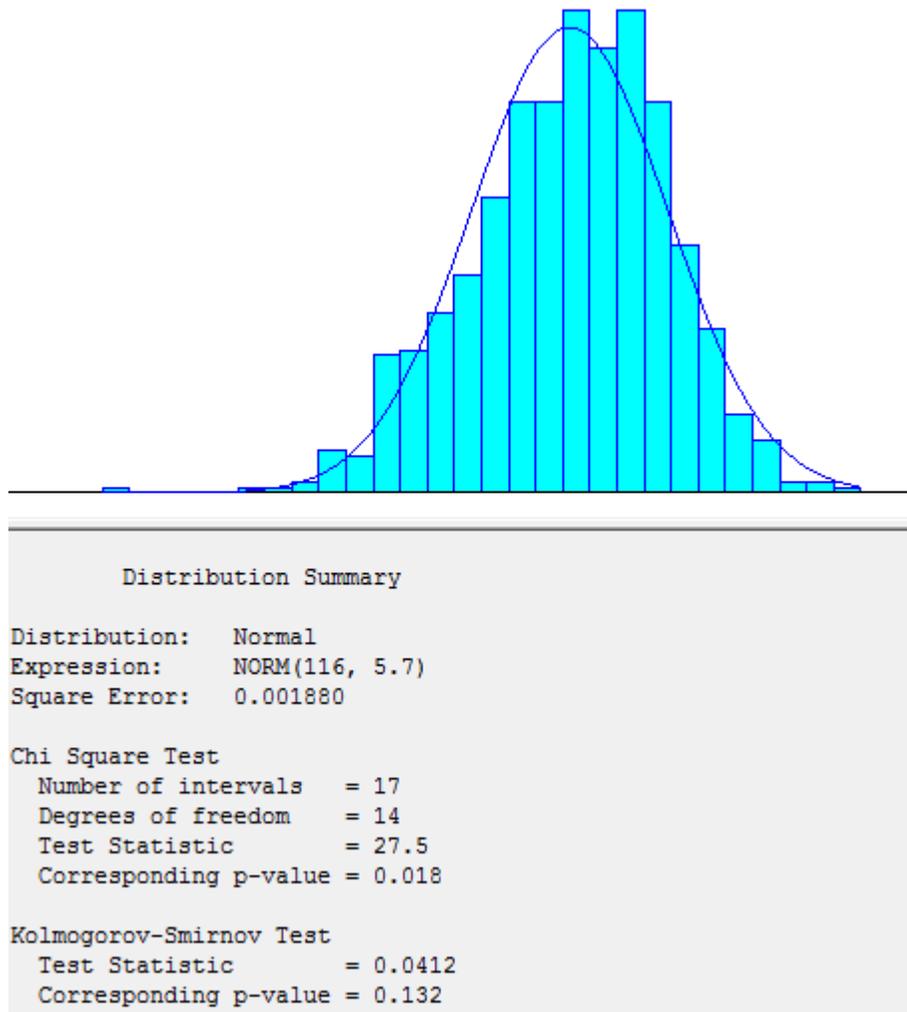


Gráfico 93: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida *sentado erguido* para la población combinada: 44% mujeres y 56% hombres. Realizado por los autores

Observando el valor p de la prueba Kolmogorov-Smirnov, la medida en cuestión no sigue una distribución normal.

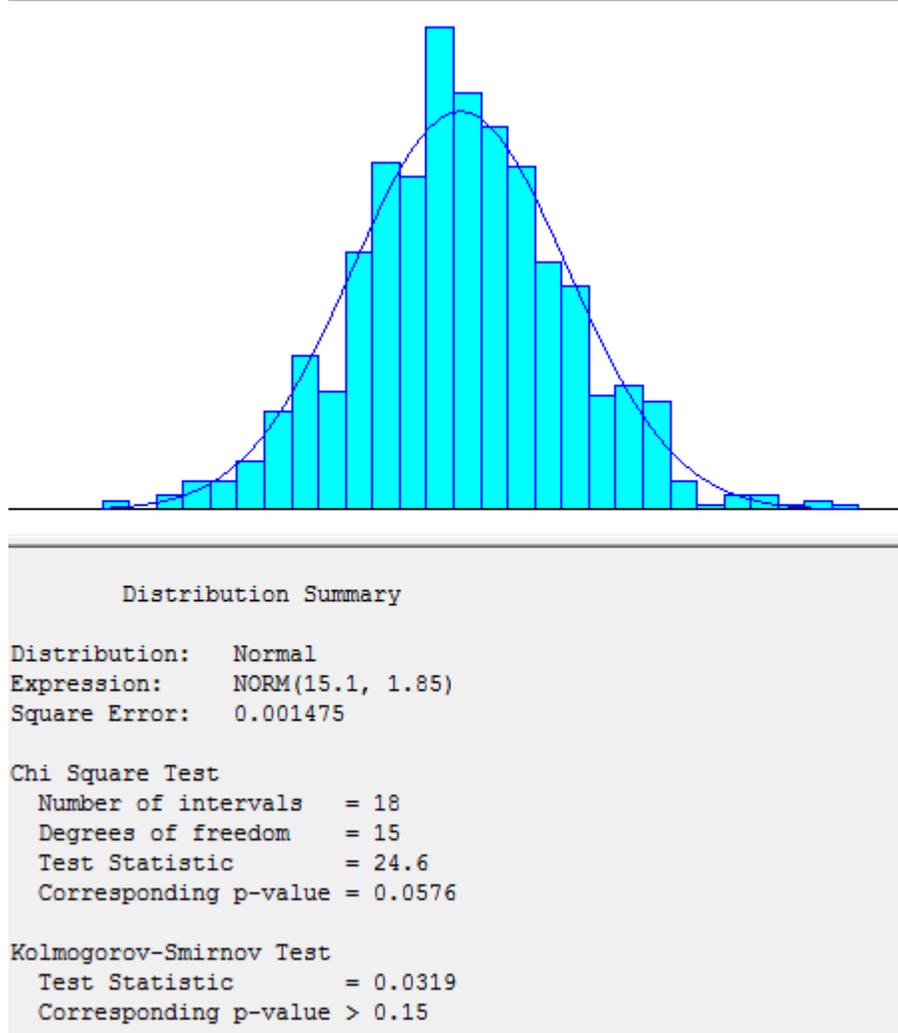


*Agarre vertical sentado*



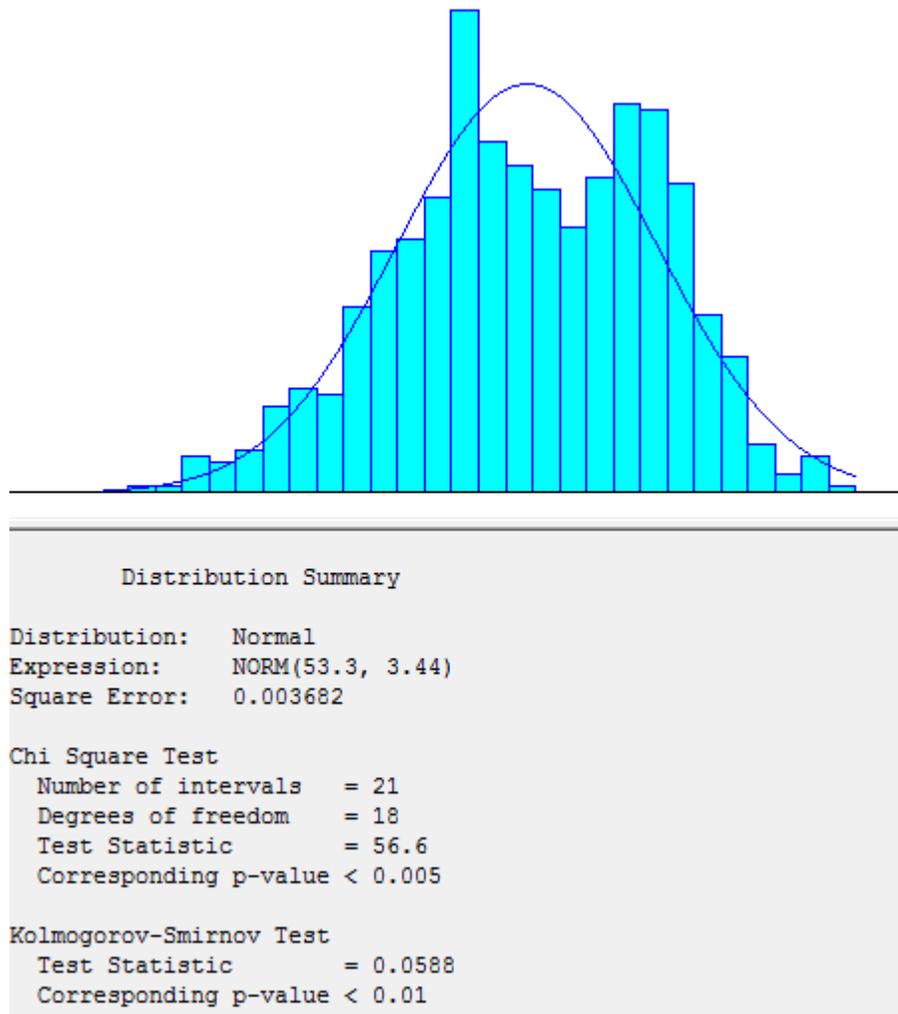
*Gráfico 94: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida agarre vertical sentado para la población combinada: 44% mujeres y 56% hombres. Realizado por los autores*

Observando el valor p de la prueba Kolmogorov-Smirnov, la medida en cuestión sigue una distribución normal con los parámetros mostrados.

*Altura muslo*

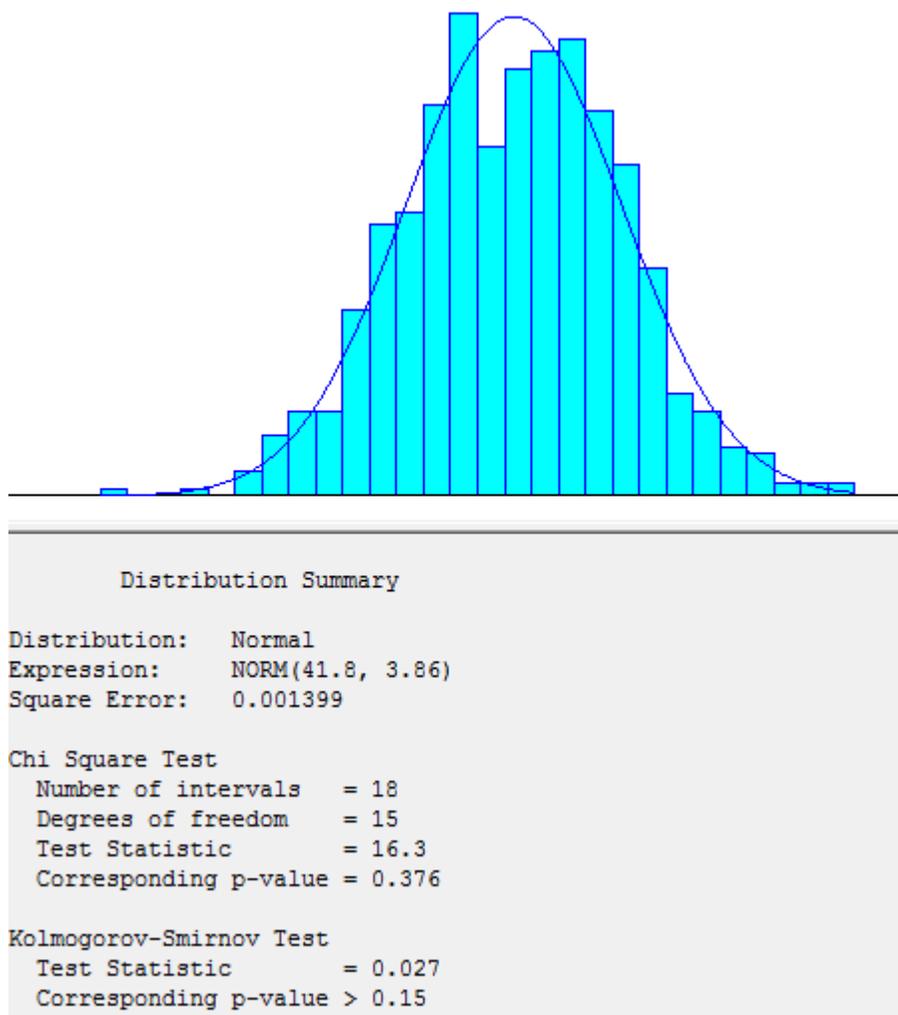
*Gráfico 95: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida altura muslo para la población combinada: 44% mujeres y 56% hombres. Realizado por los autores*

Observando el valor p de la prueba Kolmogorov-Smirnov, la medida en cuestión sigue una distribución normal con los parámetros mostrados.

*Altura rodilla*

*Gráfico 96: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida altura rodilla para la población combinada: 44% mujeres y 56% hombres. Realizado por los autores*

Observando el valor p de la prueba Kolmogorov-Smirnov, la medida en cuestión no sigue una distribución normal.

*Altura poplíteo*

*Gráfico 97: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida altura poplíteo para la población combinada: 44% mujeres y 56% hombres. Realizado por los autores*

Observando el valor p de la prueba Kolmogorov-Smirnov, la medida en cuestión sigue una distribución normal con los parámetros mostrados.

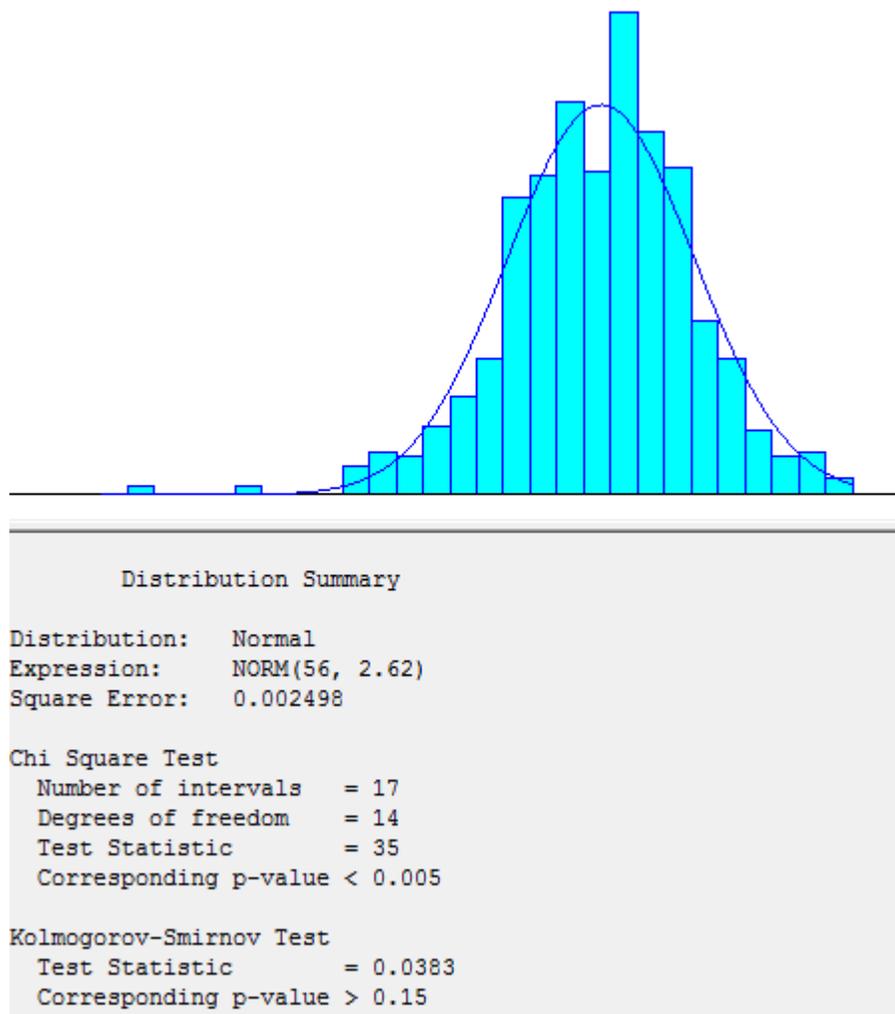
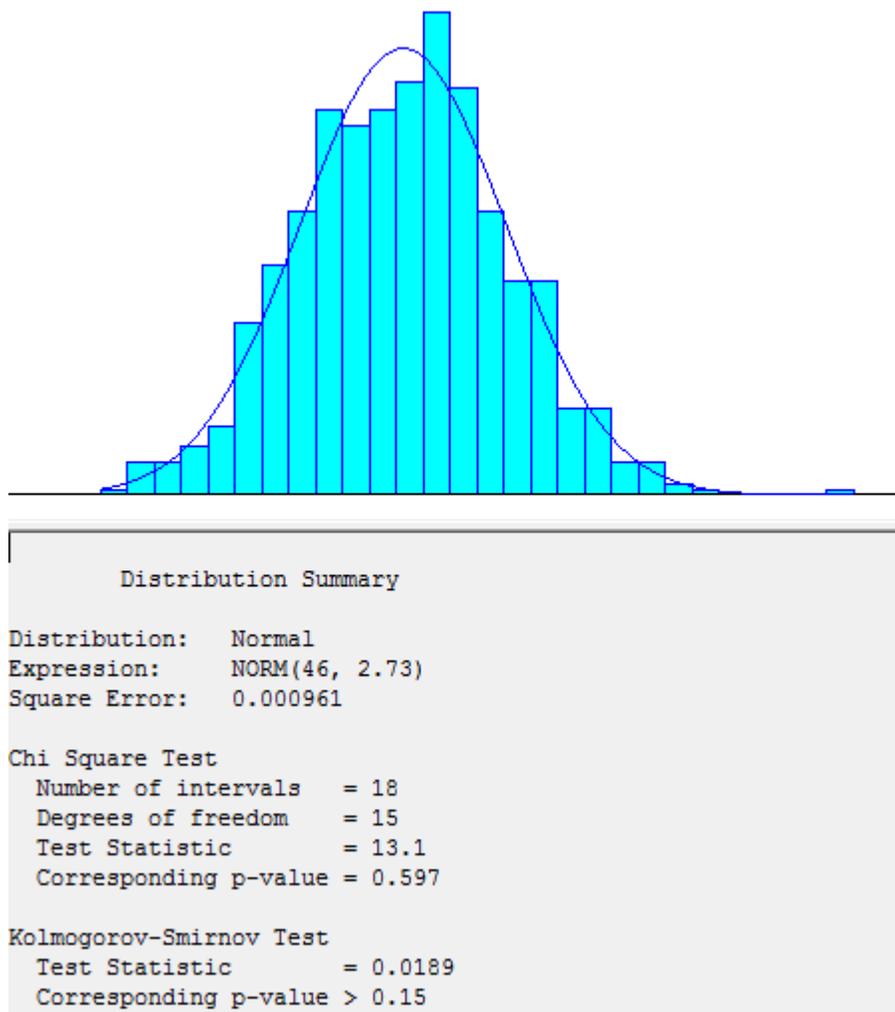
*Glúteos – rodilla*

Gráfico 98: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida glúteos - rodilla para la población combinada: 44% mujeres y 56% hombres. Realizado por los autores

Observando el valor p de la prueba Kolmogorov-Smirnov, la medida en cuestión sigue una distribución normal con los parámetros mostrados.

*Glúteos – poplíteo*



*Gráfico 99: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida glúteos – poplíteo para la población combinada: 44% mujeres y 56% hombres. Realizado por los autores*

Observando el valor p de la prueba Kolmogorov-Smirnov, la medida en cuestión sigue una distribución normal con los parámetros mostrados.

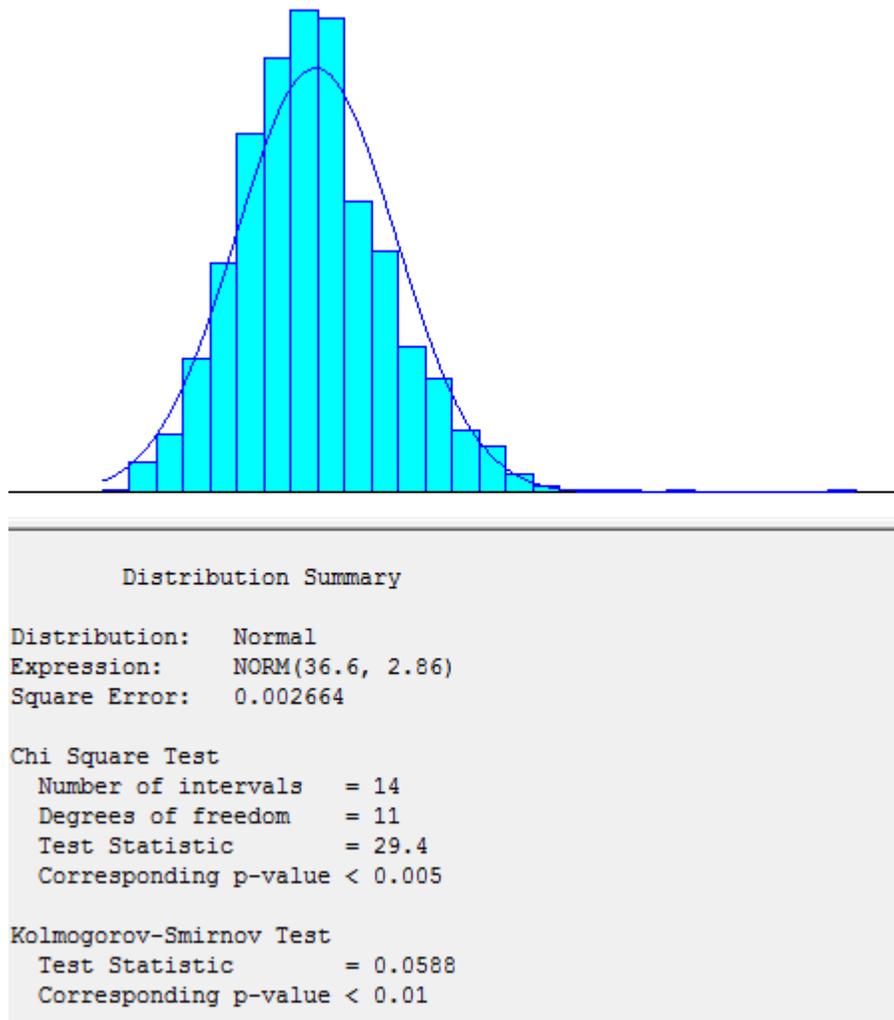
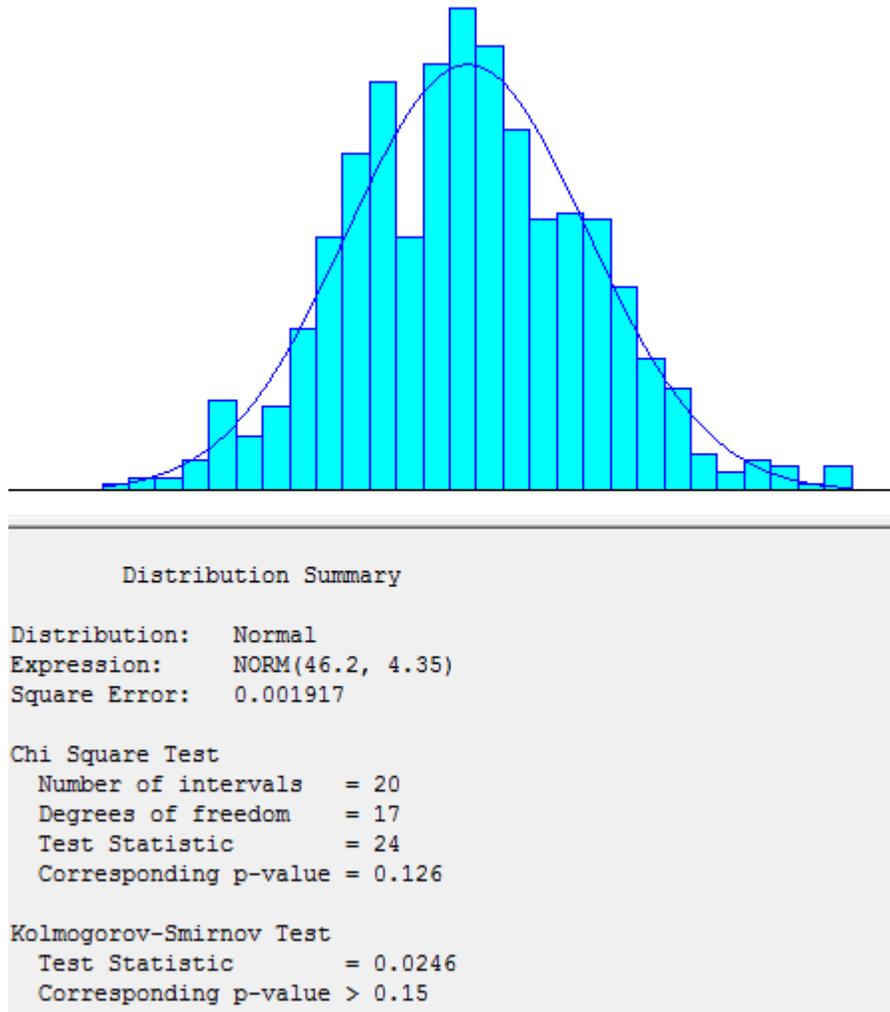
*Ancho caderas*

Gráfico 100: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida ancho caderas para la población combinada: 44% mujeres y 56% hombres. Realizado por los autores

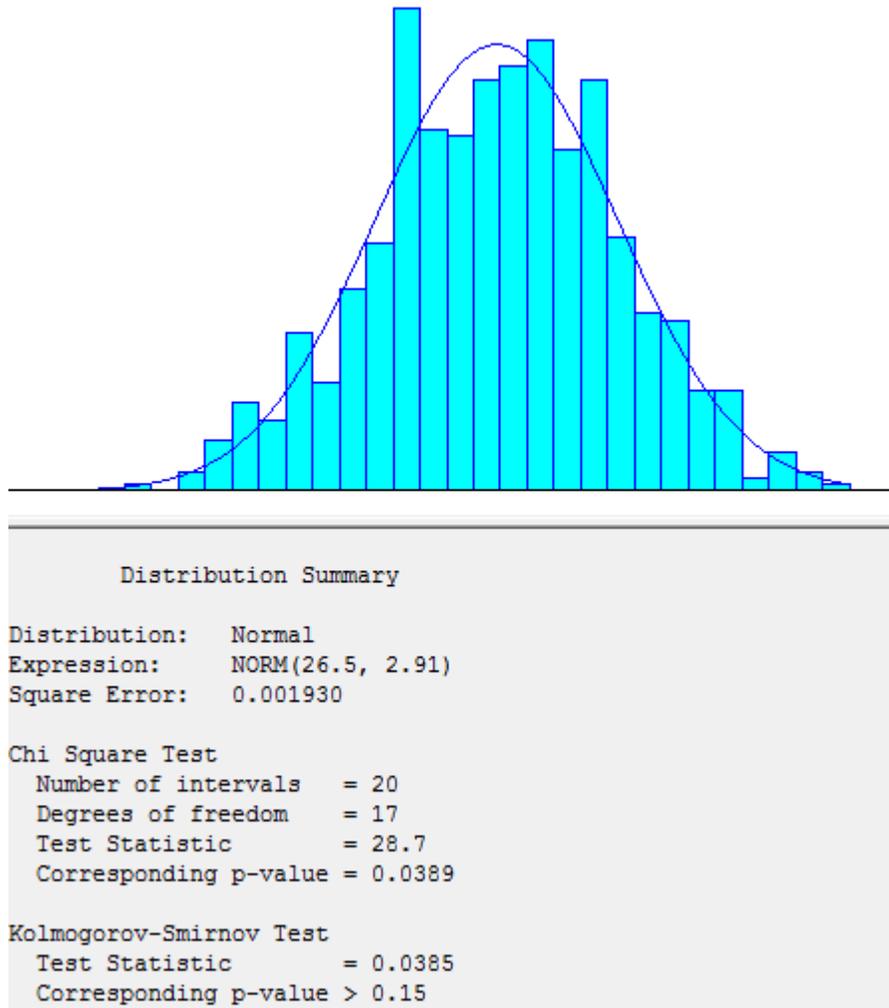
Observando el valor p de la prueba Kolmogorov-Smirnov, la medida en cuestión no sigue una distribución normal.

*Codo a codo*



*Gráfico 101: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida codo a codo para la población combinada: 44% mujeres y 56% hombres. Realizado por los autores*

Observando el valor p de la prueba Kolmogorov-Smirnov, la medida en cuestión sigue una distribución normal con los parámetros mostrados.

*Codo asiento*

*Gráfico 102: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida codo - asiento para la población combinada: 44% mujeres y 56% hombres. Realizado por los autores*

Observando el valor p de la prueba Kolmogorov-Smirnov, la medida en cuestión sigue una distribución normal con los parámetros mostrados.

## Estatura

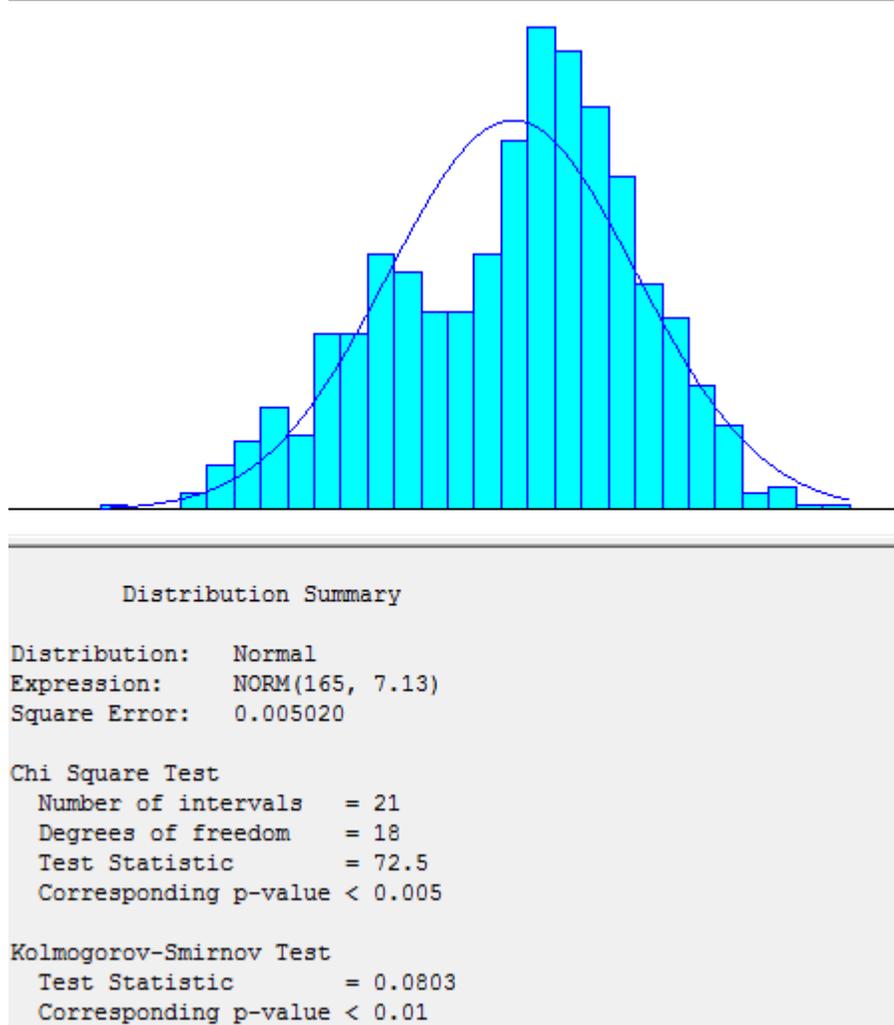
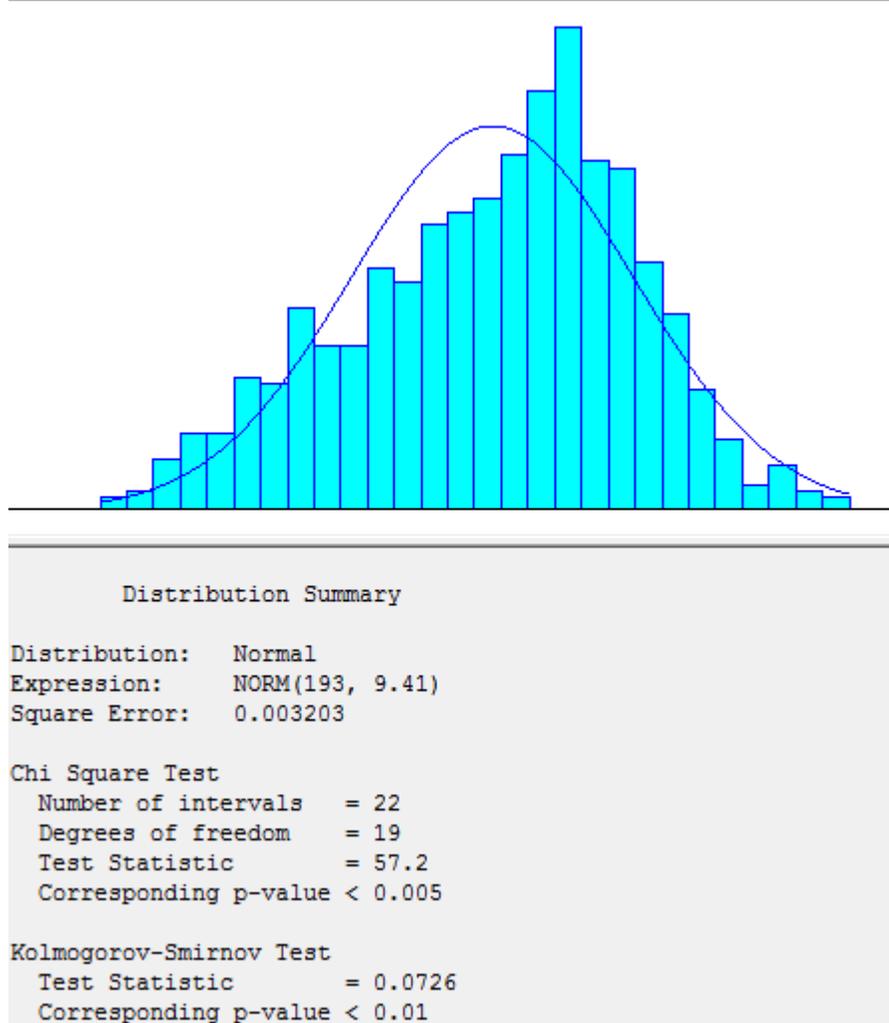


Gráfico 103: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida estatura para la población combinada: 44% mujeres y 56% hombres. Realizado por los autores

Observando el valor p de la prueba Kolmogorov-Smirnov, la medida en cuestión no sigue una distribución normal.

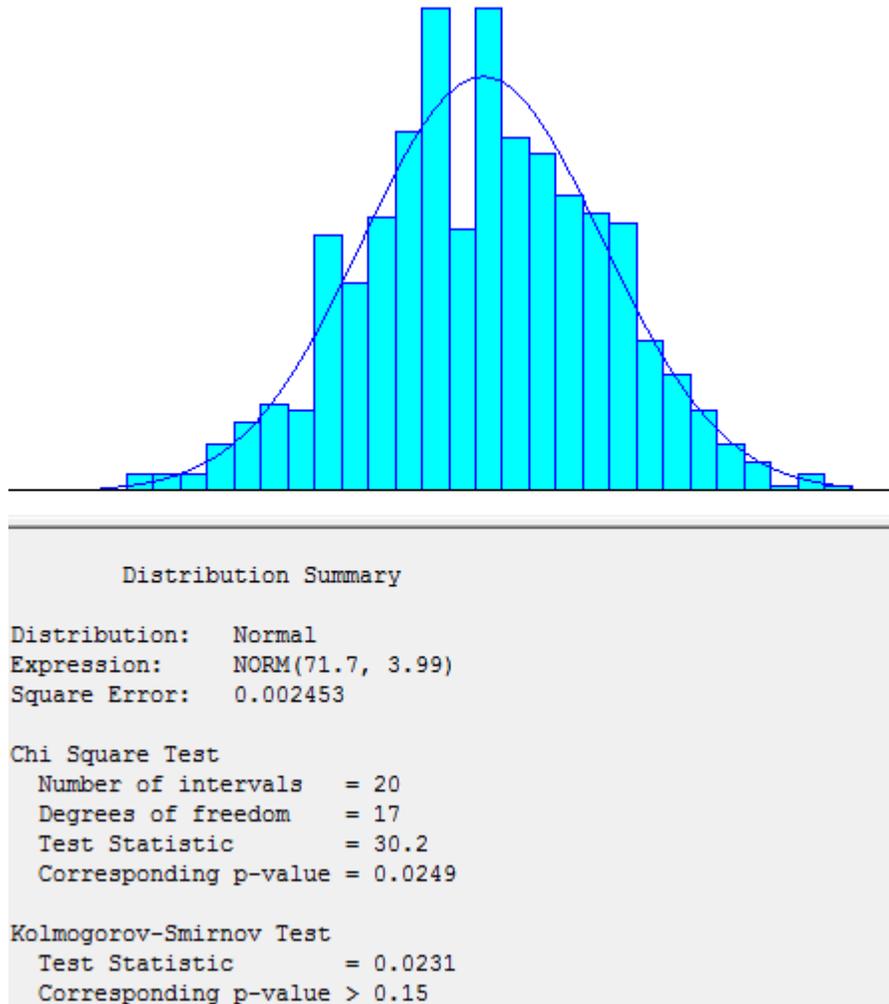
*Agarre vertical parado*



*Gráfico 104: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida agarre vertical parado para la población combinada: 44% mujeres y 56% hombres. Realizado por los autores*

Observando el valor p de la prueba Kolmogorov-Smirnov, la medida en cuestión no sigue una distribución normal.

*Agarre horizontal parado*

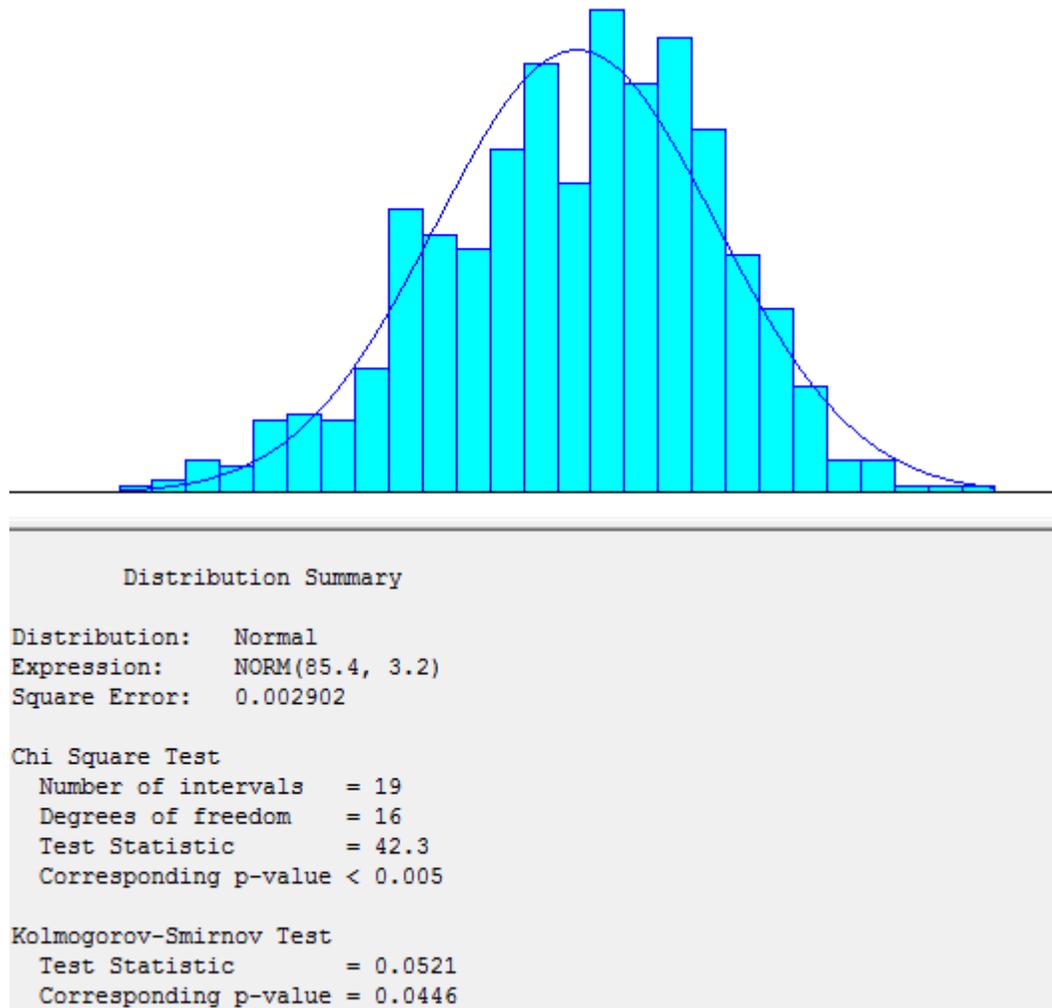


*Gráfico 105: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida agarre horizontal parado para la población combinada: 44% mujeres y 56% hombres. Realizado por los autores*

Observando el valor p de la prueba Kolmogorov-Smirnov, la medida en cuestión sigue una distribución normal con los parámetros mostrados.

**Población combinada: 40% mujeres y 60% hombres**

*Sentado sin erguirse*



*Gráfico 106: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida sentado sin erguirse para la población combinada: 40% mujeres y 60% hombres. Realizado por los autores*

Observando el valor p de la prueba Kolmogorov-Smirnov, la medida en cuestión no sigue una distribución normal.

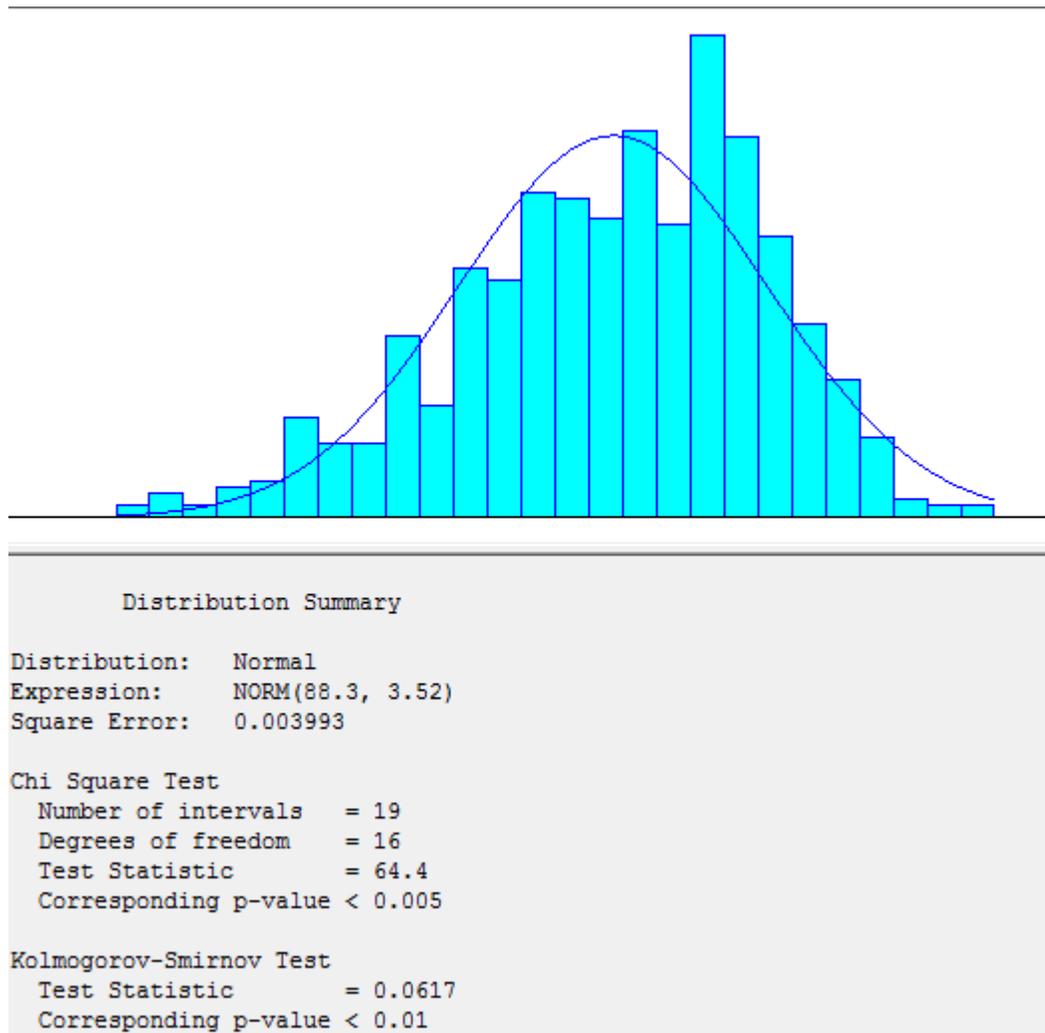
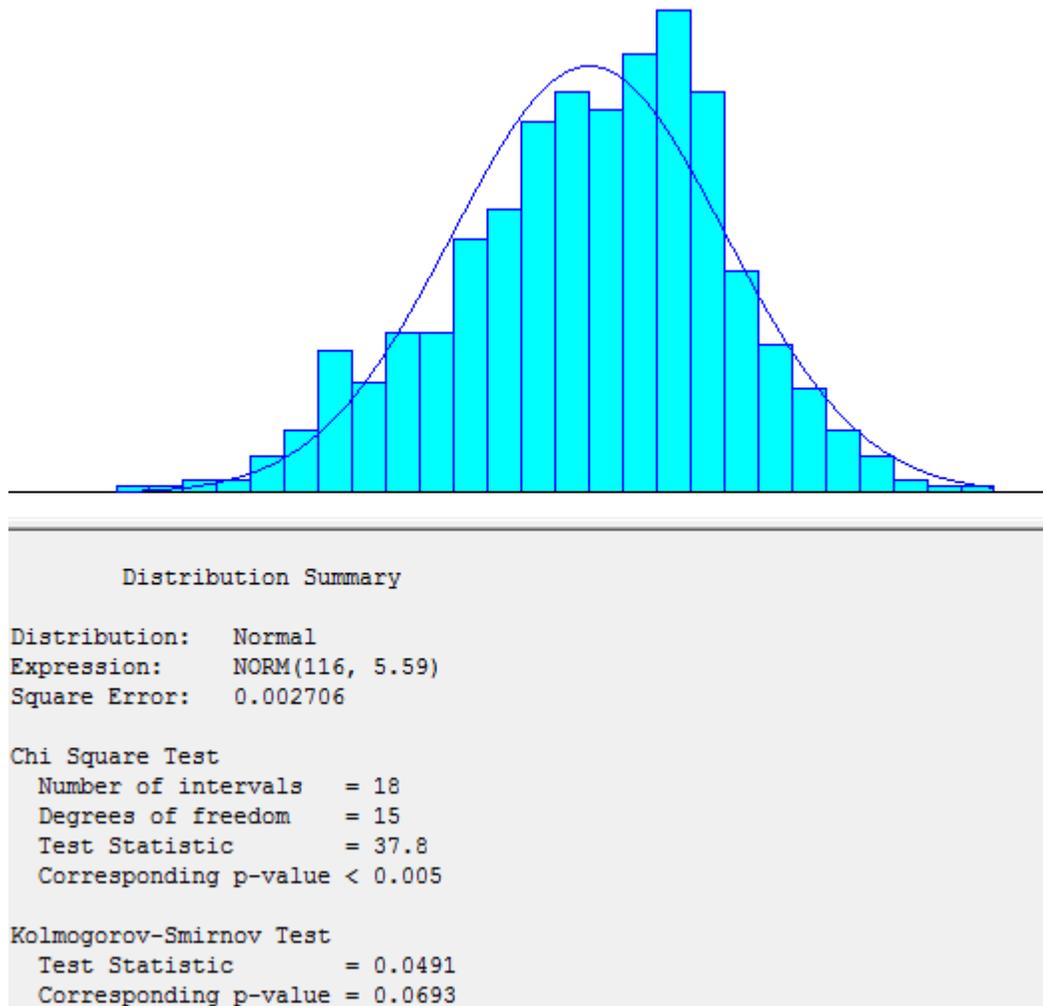
*Sentado erguido*

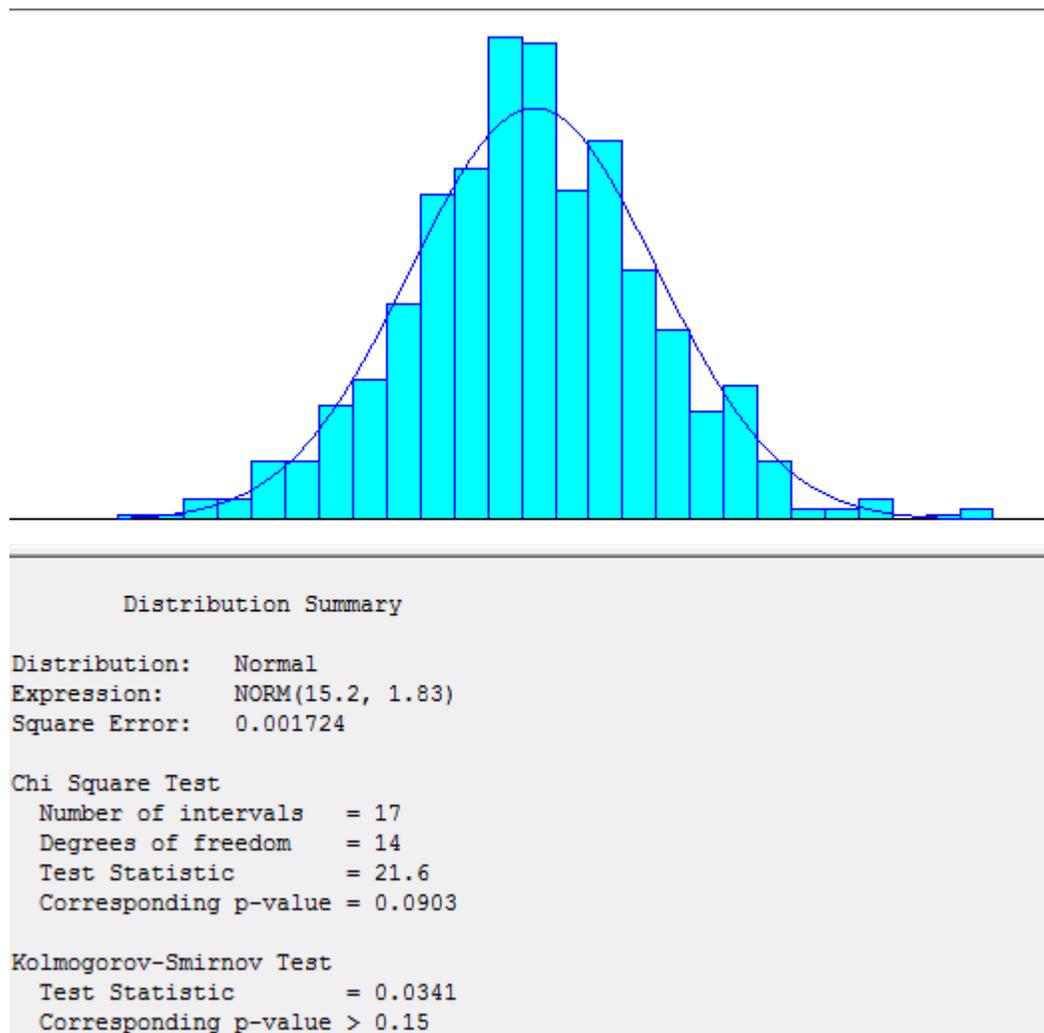
Gráfico 107: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida sentado erguido para la población combinada: 40% mujeres y 60% hombres. Realizado por los autores

Observando el valor p de la prueba Kolmogorov-Smirnov, la medida en cuestión no sigue una distribución normal.

*Agarre vertical sentado*

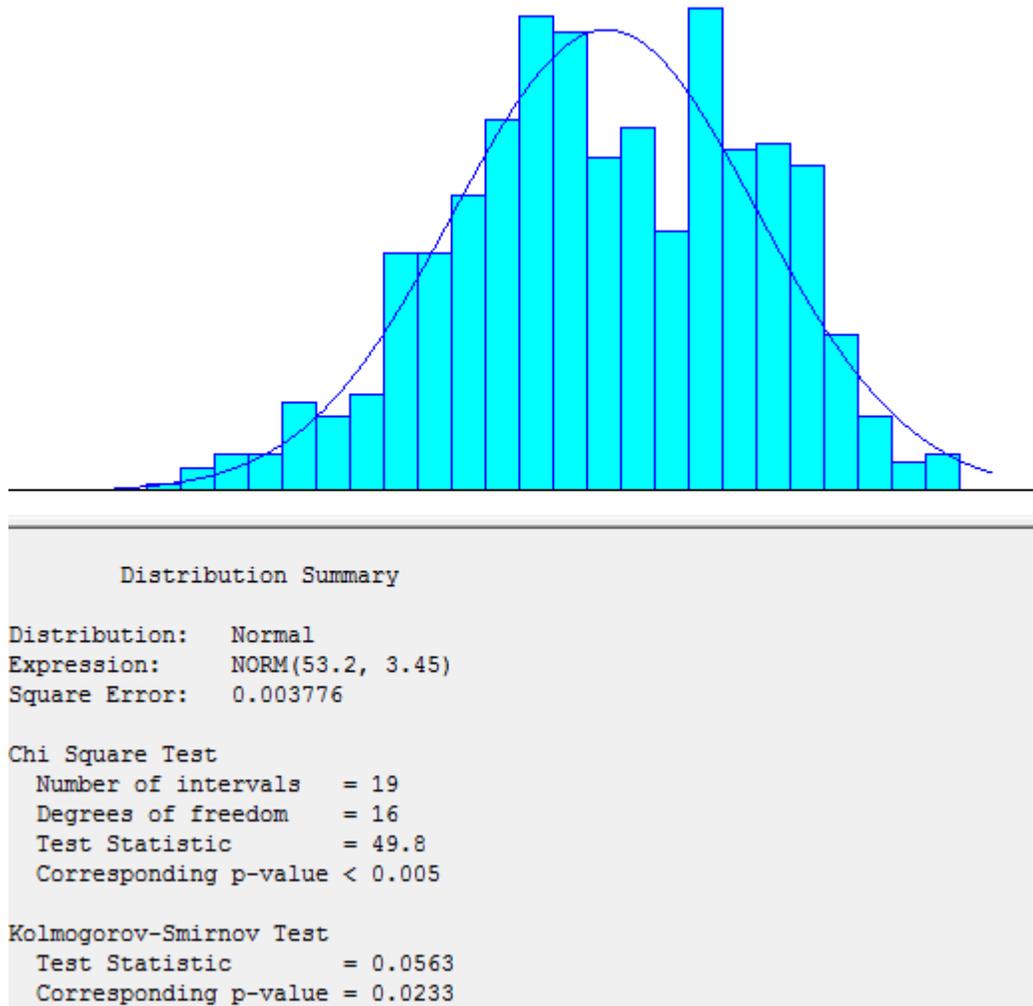
*Gráfico 108: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida agarre vertical sentado para la población combinada: 40% mujeres y 60% hombres. Realizado por los autores*

Observando el valor p de la prueba Kolmogorov-Smirnov, la medida en cuestión sigue una distribución normal con los parámetros mostrados.

*Altura muslo*

*Gráfico 109: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida altura muslo para la población combinada: 40% mujeres y 60% hombres. Realizado por los autores*

Observando el valor p de la prueba Kolmogorov-Smirnov, la medida en cuestión sigue una distribución normal con los parámetros mostrados.

*Altura rodilla*

*Gráfico 110: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida altura rodilla para la población combinada: 40% mujeres y 60% hombres. Realizado por los autores*

Observando el valor p de la prueba Kolmogorov-Smirnov, la medida en cuestión no sigue una distribución normal.

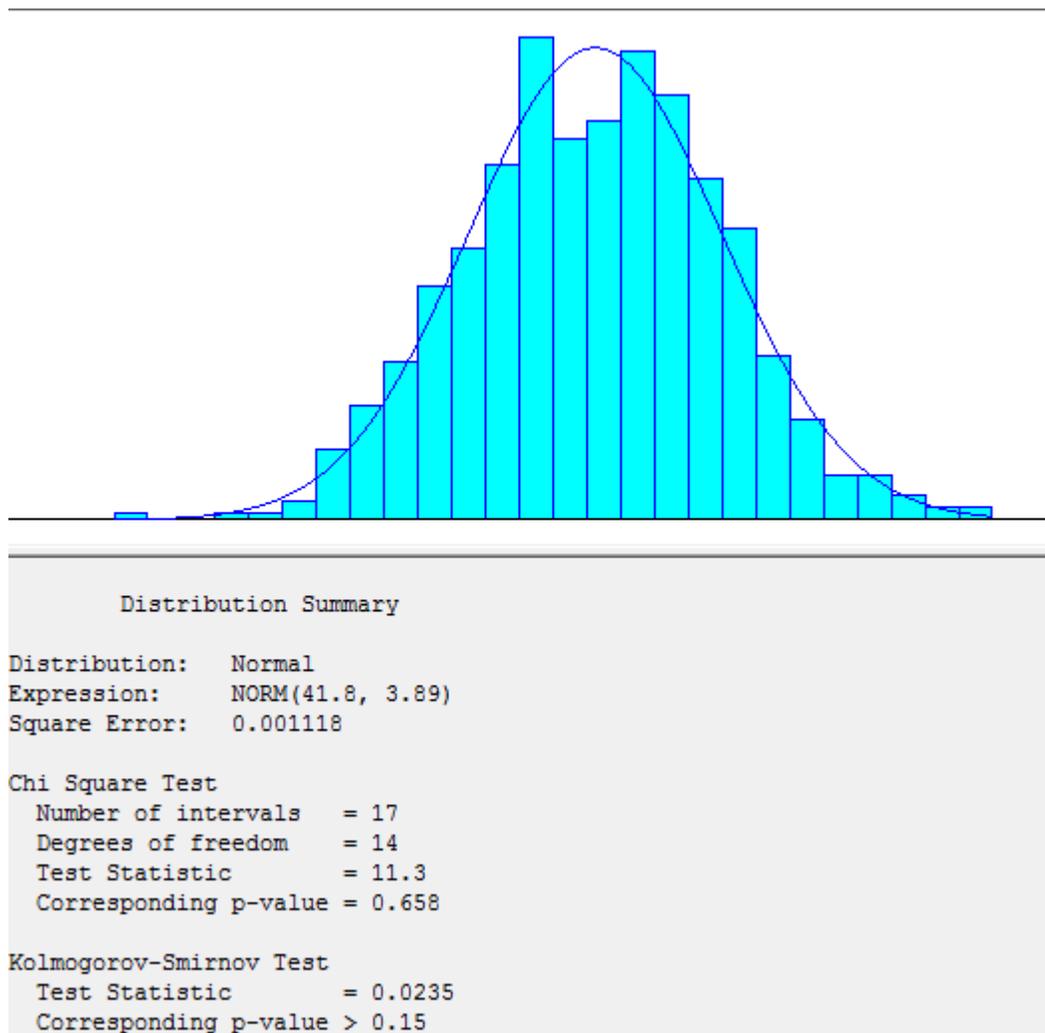
*Altura poplíteo*

Gráfico 111: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida altura poplíteo para la población combinada: 40% mujeres y 60% hombres. Realizado por los autores

Observando el valor p de la prueba Kolmogorov-Smirnov, la medida en cuestión sigue una distribución normal con los parámetros mostrados.

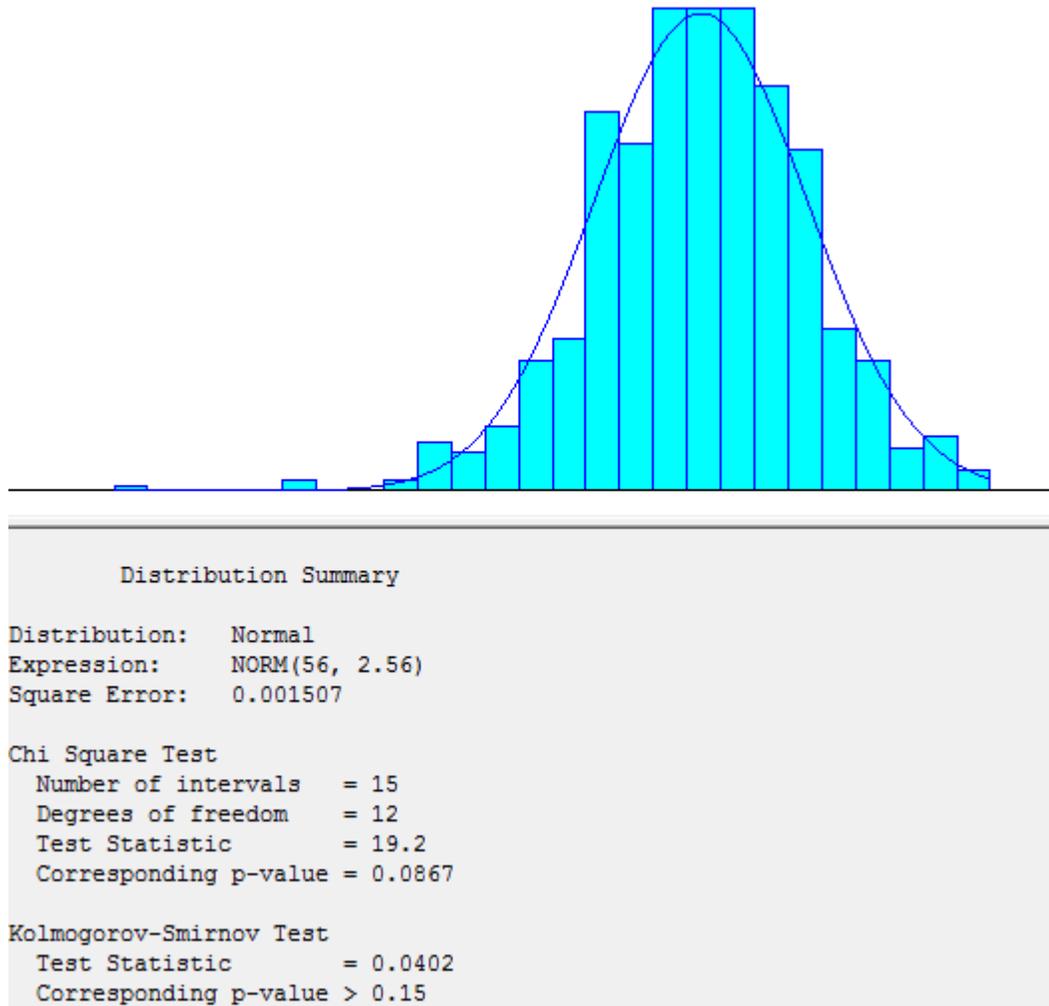
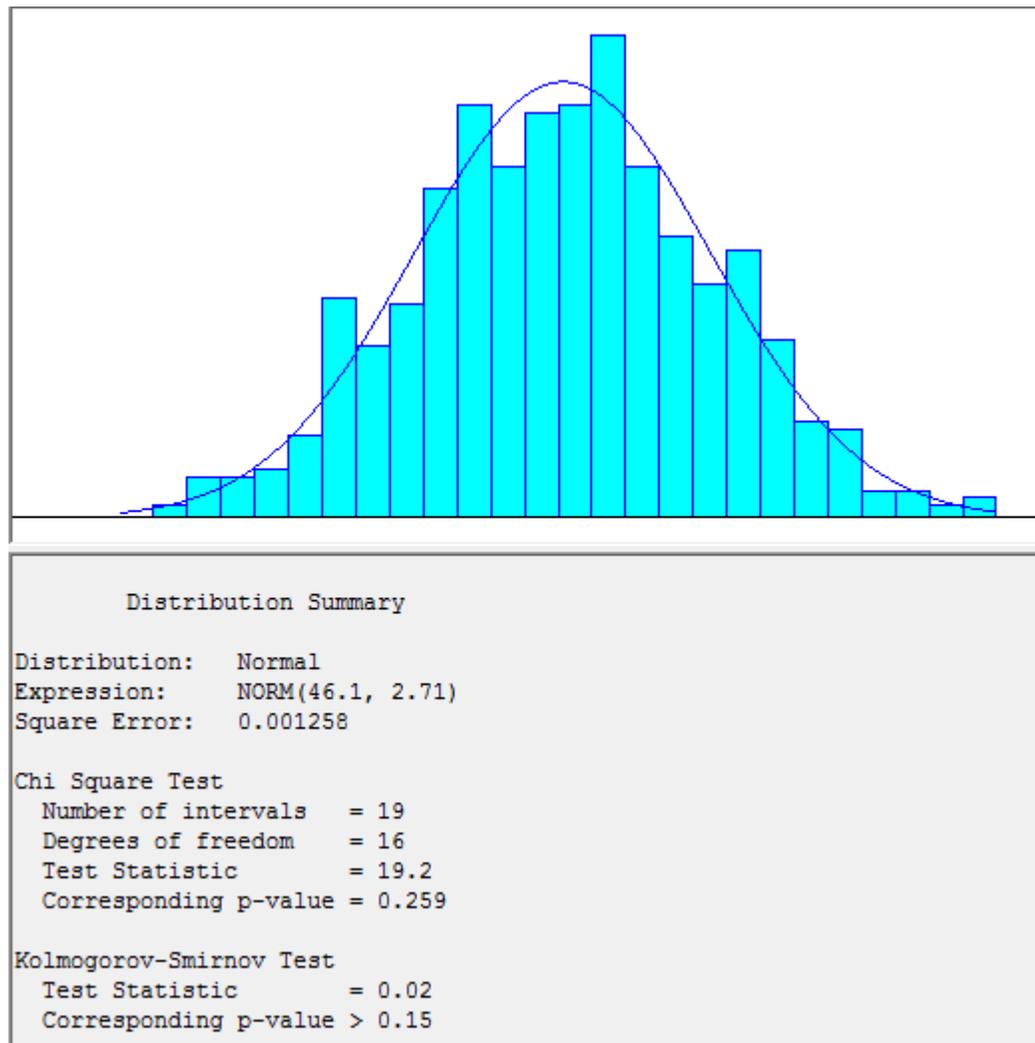
*Glúteos – rodilla*

Gráfico 112: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida glúteos - rodilla para la población combinada: 40% mujeres y 60% hombres. Realizado por los autores

Observando el valor p de la prueba Kolmogorov-Smirnov, la medida en cuestión sigue una distribución normal con los parámetros mostrados.

*Glúteos – poplíteo*

*Gráfico 113: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida glúteos – poplíteo para la población combinada: 40% mujeres y 60% hombres. Realizado por los autores*

Observando el valor p de la prueba Kolmogorov-Smirnov, la medida en cuestión sigue una distribución normal con los parámetros mostrados.

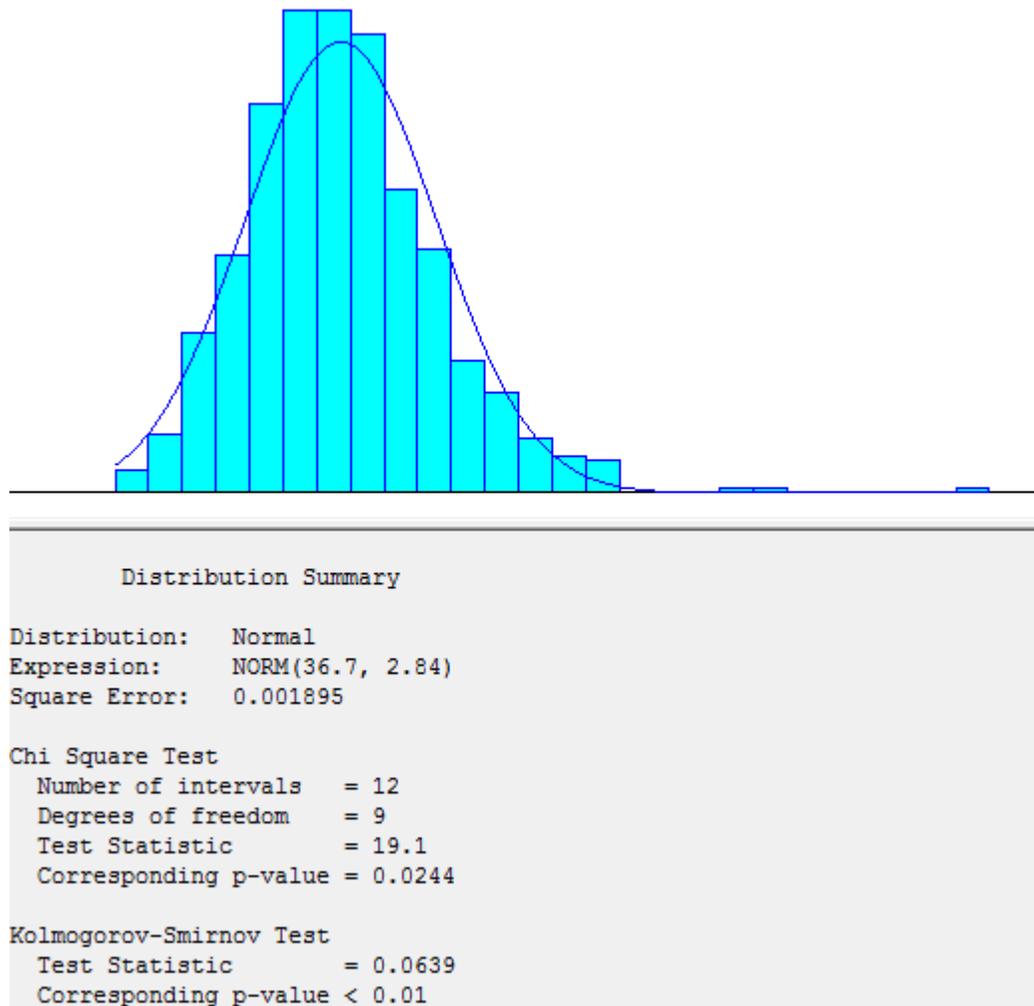
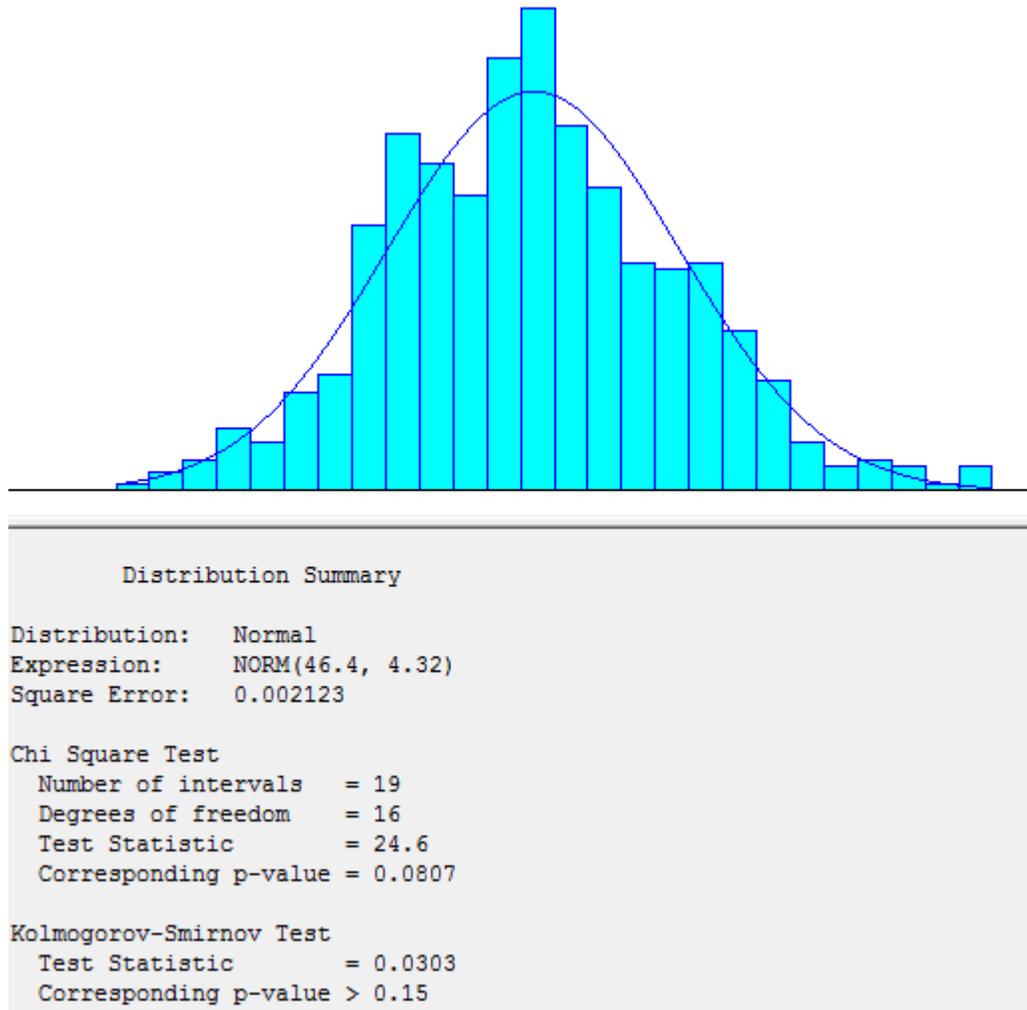
*Ancho caderas*

Gráfico 114: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida ancho caderas para la población combinada: 40% mujeres y 60% hombres. Realizado por los autores

Observando el valor p de la prueba Kolmogorov-Smirnov, la medida en cuestión no sigue una distribución normal.

*Codo a codo*



*Gráfico 115: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida codo a codo para la población combinada: 40% mujeres y 60% hombres. Realizado por los autores*

Observando el valor p de la prueba Kolmogorov-Smirnov, la medida en cuestión sigue una distribución normal con los parámetros mostrados.

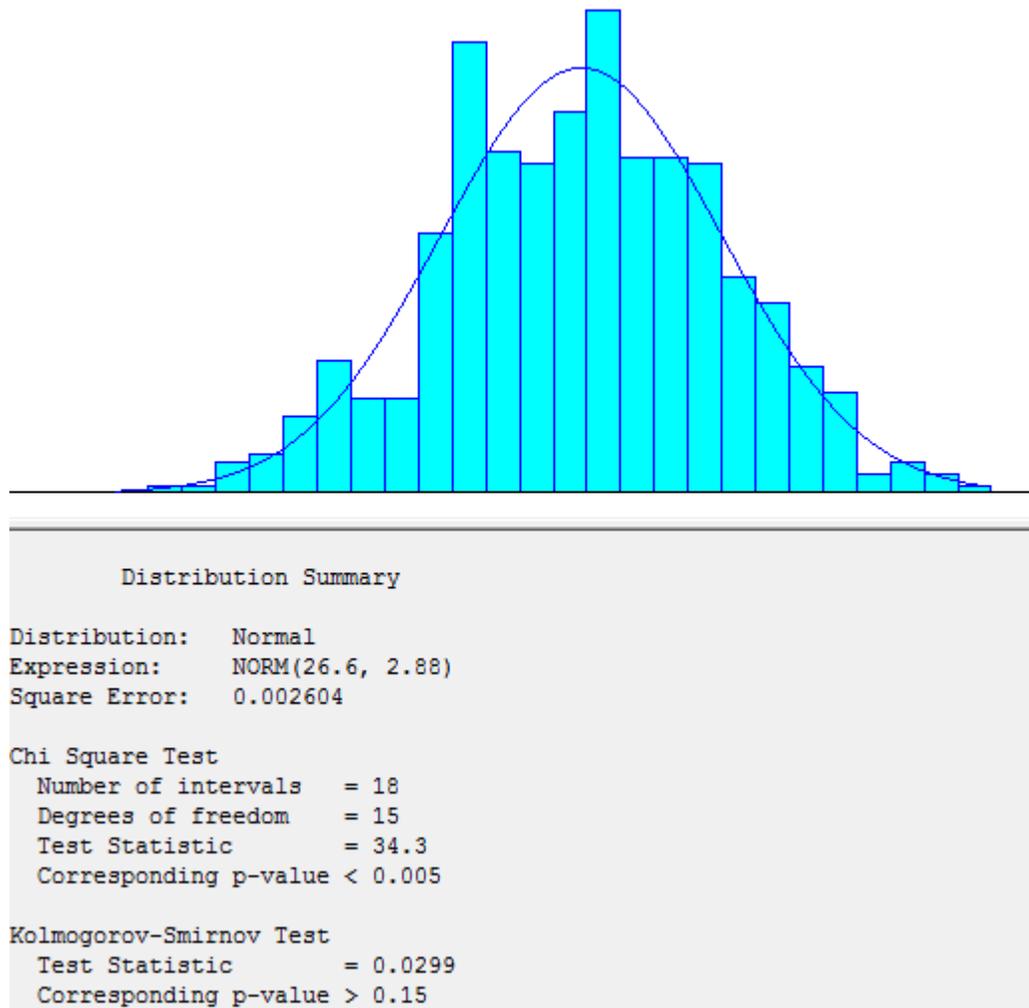
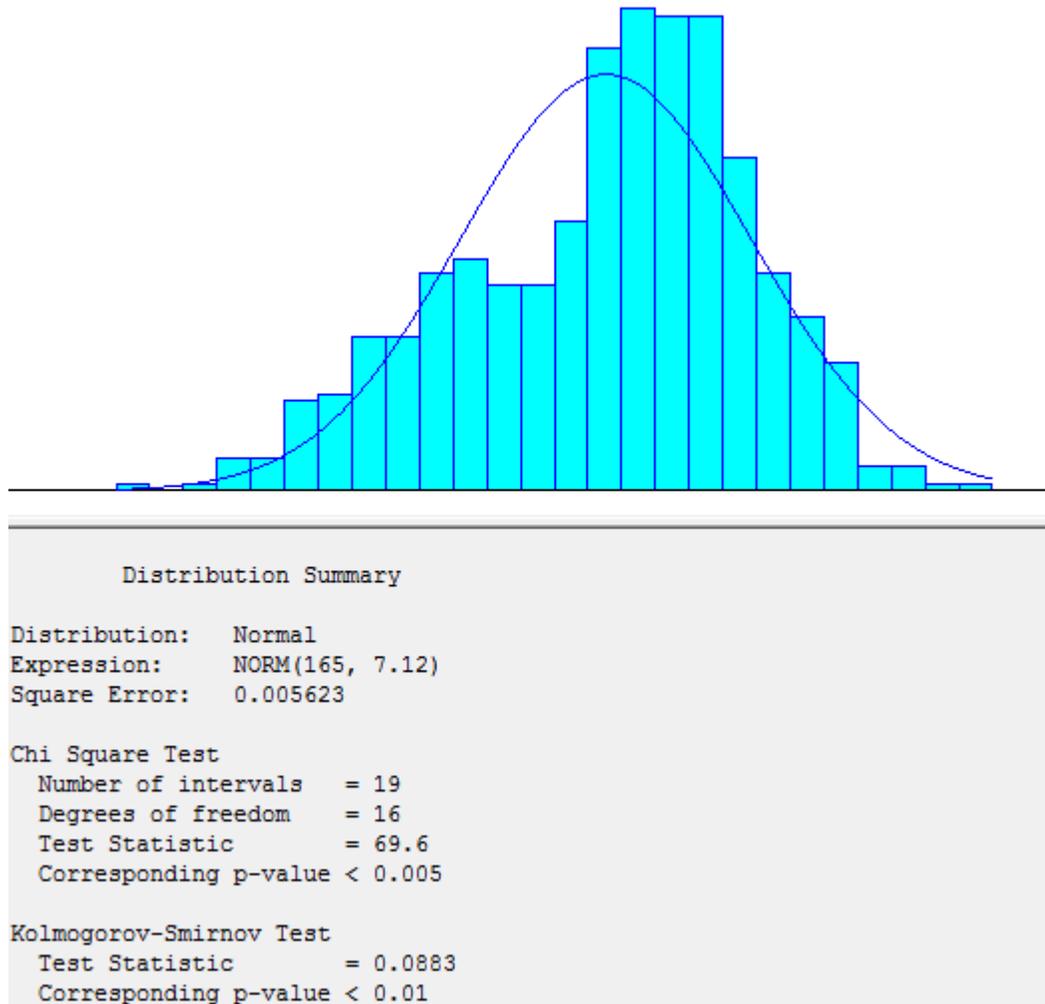
*Codo asiento*

Gráfico 116: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida codo - asiento para la población combinada: 40% mujeres y 60% hombres. Realizado por los autores

Observando el valor p de la prueba Kolmogorov-Smirnov, la medida en cuestión sigue una distribución normal con los parámetros mostrados.

*Estatura*

*Gráfico 117: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida estatura para la población combinada: 40% mujeres y 60% hombres. Realizado por los autores*

Observando el valor p de la prueba Kolmogorov-Smirnov, la medida en cuestión no sigue una distribución normal.

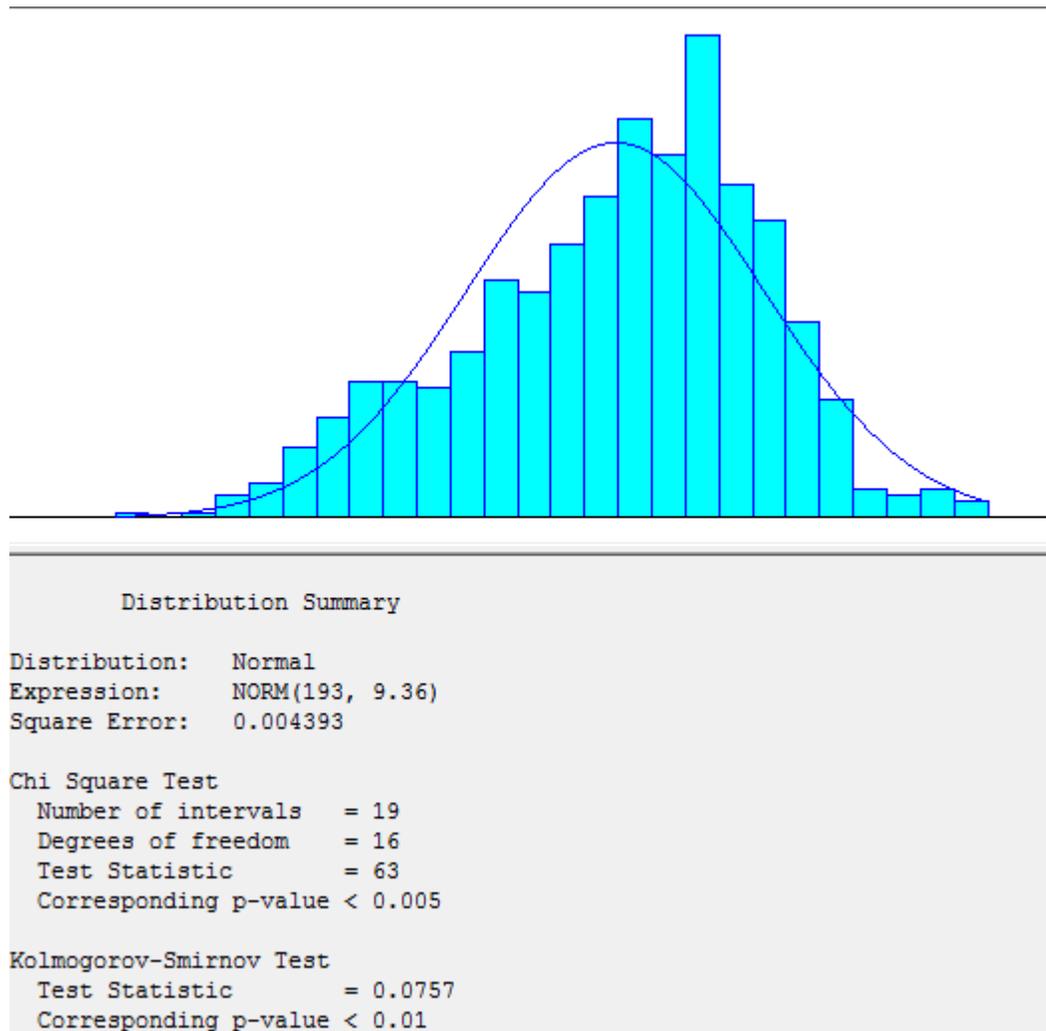
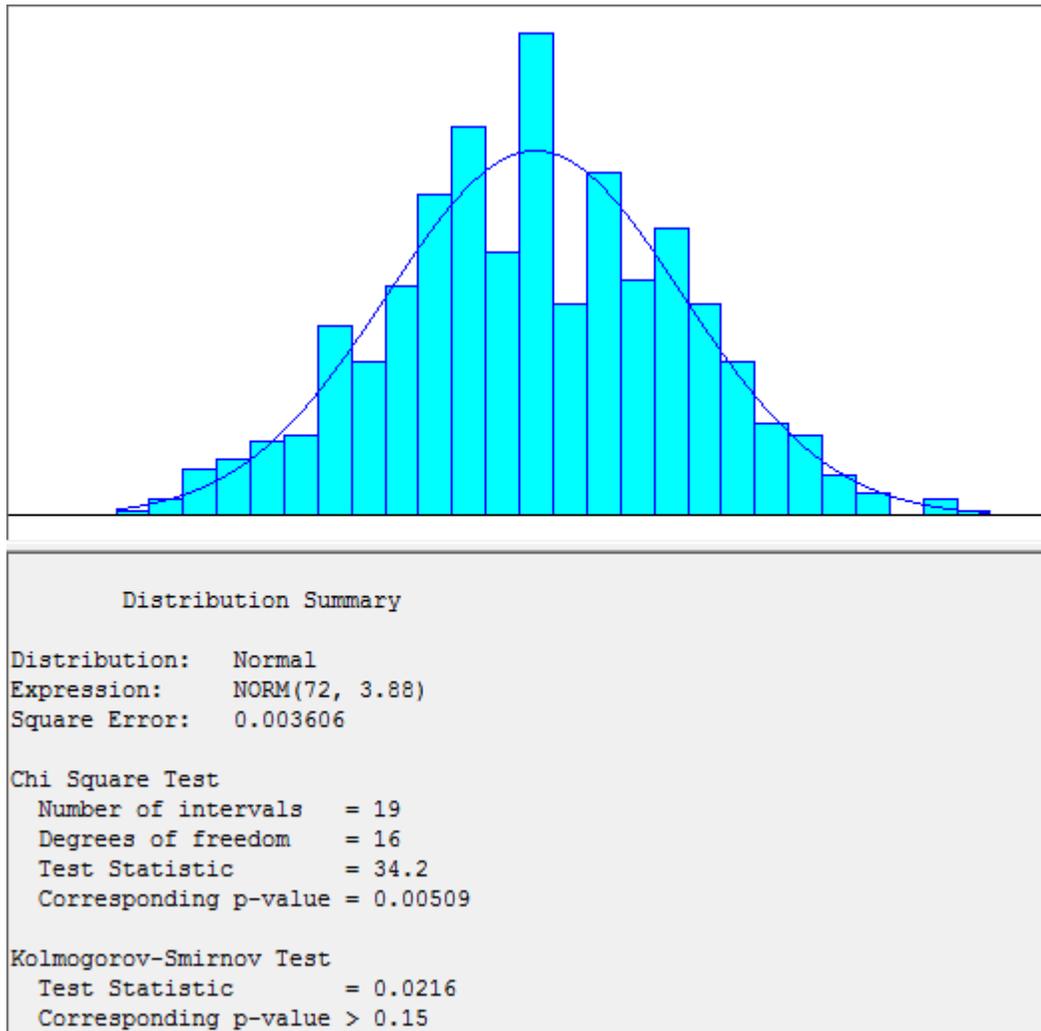
*Agarre vertical parado*

Gráfico 118: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida agarre vertical parado para la población combinada: 40% mujeres y 60% hombres. Realizado por los autores

Observando el valor p de la prueba Kolmogorov-Smirnov, la medida en cuestión no sigue una distribución normal.

*Agarre horizontal parado*

*Gráfico 119: Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la medida agarre horizontal parado para la población combinada: 40% mujeres y 60% hombres. Realizado por los autores*

Observando el valor p de la prueba Kolmogorov-Smirnov, la medida en cuestión sigue una distribución normal con los parámetros mostrados.